

Trabajo de Fin de Grado
**Grado de Ingeniería en Tecnologías
Industriales**

**Diseño del proceso de fabricación de
una llanta delantera de motocicleta**

ANEXOS

Autor: Carlos Muñoz López
Director/es: Irene Buj Corral
Convocatoria: Septiembre 2016



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Sumari

SUMARI	1
LISTADO DE FIGURAS	2
A. HOJAS DE RUTA Y DE FASE	5
B. ESPECIFICACIONES TECNICAS	11
B.1. Centro de mecanizado Haas VM-2	11
B.2. Ficha Técnica aluminio 5083	13
B.3. Ficha técnica pasta master “placa poliuretánica”	15
C. GEOMETRIA Y RESULTADOS DE LOS MODELOS SIMULADOS EN LA PRIMERA ETAPA DE REDISEÑO.	17
C.1. Diseño original	18
C.2. Diseño descartado “b”	21
C.3. Diseño descartado “c.2”	24
C.4. Diseño descartado “c.3”	27
C.5. Diseño seleccionado “a”	30
D. GEOMETRIA Y RESULTADOS DE LOS MODELOS SIMULADOS EN LA SEGUNDA ETAPA DE REDISEÑO.	33
D.1. Diseño intermedio “a.1”	34
D.2. Diseño intermedio “a.2”	37
D.3. Diseño intermedio “a.3”	40
D.4. Diseño optimizado “a.4”	43
E. JUSTIFICACIÓN DEL MALLADO Y DE LAS FUERZAS APLICADAS	46
E.1. Justificación del mallado	46
E.1.1. Mallado con elementos de tamaño 6 mm	46
E.1.2. Mallado con elementos de tamaño 4 mm	47
E.1.3. Mallado con elementos de tamaño 2 mm	48
E.2. Justificación de las cargas aplicadas	49
E.2.1. Carga en torreta izquierda	49
E.2.2. Carga en torreta inferior	50
E.2.3. Carga en torreta superior	51
F. PLANOS DEL PROTOTIPO EN PASTA MÁSTER	52
BIBLIOGRAFÍA	53

Listado de figuras

Figura B.1. Especificaciones técnicas del CM Haas VM-2, parte 1. Fuente: [1]	11
Figura B.2. Especificaciones técnicas del CM Haas VM-2, parte 2. Fuente: [1]	12
Figura B.3. Especificaciones técnicas del Aluminio 5083, parte 1. Fuente: [2].	13
Figura B.4. Especificaciones técnicas del Aluminio 5083, parte 2. Fuente: [2].	14
Figura B.5. Especificaciones técnicas de la placa master, parte 1. Fuente [3].	15
Figura B.6. Especificaciones técnicas de la placa master, parte 2. Fuente [3].	16
Figura C.1: Diseño original 3D a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera Fuente: Propia.	18
Figura C.2. Deformación del diseño original en la simulación general. Fuente: Propia.	19
Figura C.3. Tensión del diseño original en simulación general. Fuente: Propia.	19
Figura C.4. Deformación del diseño original en simulación secundaria. Fuente: Propia.	20
Figura C.5. Tensión del diseño optimizado en simulación secundaria. Fuente: Propia.	20
Figura C.6. Diseño descartado “b” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera. Fuente: Propia.	21
Figura C.7. Deformación del diseño descartado “b” en la simulación general.	22
Figura C.8. Tensión del diseño descartado “b” en simulación general.	22
Figura C.9. Deformación del diseño descartado “b” en simulación secundaria. Fuente: Propia.	23
Figura C.10. Tensión del diseño descartado “b” en simulación secundaria. Fuente: Propia.	23
Figura C.11. Diseño descartado “c.2” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera. Fuente: Propia.	24
Figura C.12. Deformación del diseño descartado “c.2” en simulación general. Fuente: Propia.	25
Figura C.13. Tensión del diseño descartado “c.2” en simulación general. Fuente: Propia.	25
Figura C.14. Deformación del diseño descartado “c.2” en simulación secundaria. Fuente: Propia.	26
Figura C.15. Tensión del diseño descartado “c.2” en simulación secundaria. Fuente: Propia.	26

Figura C.16. Diseño descartado “c.3” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera. Fuente: Propia. _____	27
Figura C.17. Deformación del diseño descartado “c.3” en simulación general. Fuente: Propia. _____	28
Figura C.18. Tensión del diseño descartado “c.3” en simulación general. Fuente: Propia. _____	28
Figura C.19. Deformación del diseño descartado “c.3” en simulación secundaria. Fuente: Propia. _____	29
Figura C.20. Tensión del diseño descartado “c.3” en simulación secundaria. Fuente: Propia. _____	29
Figura C.21. Diseño A.1 a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera. Fuente: Propia. _____	30
Figura C.22. Deformación del diseño seleccionado “a” en simulación general. Fuente: Propia. _____	31
Figura C.23. Tensión del diseño seleccionado “a” en simulación general. Fuente: Propia. _____	31
Figura C.24. Deformación del diseño seleccionado “a” en simulación secundaria. Fuente: Propia. _____	32
Figura C.25. Tensión del diseño seleccionado “a” en simulación secundaria. Fuente: Propia. _____	32
Figura D.1. Diseño intermedio “a.1” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera. Fuente: Propia. _____	34
Figura D.2. Deformación del diseño intermedio “a.1” en simulación general. Fuente: Propia. _____	35
Figura D.3. Tensión del diseño intermedio “a.1” en simulación general. Fuente: Propia. _____	35
Figura D.4. Deformación del diseño intermedio “a.1” en simulación secundaria. Fuente: Propia. _____	36
Figura D.5. Tensión del diseño intermedio “a.1” en simulación secundaria. Fuente: Propia. _____	36
Figura D.6. Diseño intermedio “a.2” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera. Fuente: Propia. _____	37
Figura D.7. Deformación del diseño intermedio “a.2” en simulación general. Fuente: Propia. _____	38
Figura D.8. Tensión del diseño intermedio “a.2” en simulación general. Fuente: Propia. _____	38
Figura D.9. Deformación del diseño intermedio “a.2” en simulación secundaria. Fuente: Propia. _____	39
Figura D.10. Tensión del diseño intermedio “a.2” en simulación secundaria. Fuente: Propia. _____	39
Figura D.11. Diseño intermedio “a.3” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera. Fuente: Propia. _____	40
Figura D.12. Deformación del diseño intermedio “a.3” en simulación general. Fuente: Propia. _____	41

Figura D.13. Tensión del diseño intermedio “a.3” en simulación general. Fuente: Propia.	_____ 41
Figura D.14. Deformación del diseño intermedio “a.3” en simulación secundaria. Fuente: Propia.	___ 42
Figura D.15. Tensión del diseño intermedio “a.3” en simulación secundaria. Fuente: Propia.	_____ 42
Figura D.16. Diseño optimizado “a.4” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera. Fuente: Propia.	_____ 43
Figura D.17. Deformación del diseño optimizado “a.4” en simulación general. Fuente: Propia.	___ 44
Figura D.18. Tensión del diseño optimizado “a.4” en simulación general. Fuente: Propia.	_____ 44
Figura D.19. Deformación del diseño optimizado “a.4” en la simulación secundaria. Fuente: Propia.	45
Figura D.20. Tensión del diseño optimizado “a.4” en simulación secundaria. Fuente: Propia.	_____ 45
Figura E.1. Mallado de elementos de 6 mm del diseño optimizado “a.4”. Fuente: Propia	_____ 46
Figura E.2. Tensión del diseño optimizado “a.4” con elementos de 6 mm. Fuente: Propia.	_____ 46
Figura E.3. Mallado de elementos de 4 mm del diseño optimizado “a.4”. Fuente: Propia	_____ 47
Figura E.4. Tensión del diseño optimizado “a.4” con elementos de 4 mm. Fuente: Propia.	_____ 47
Figura E.5. Mallado de elementos de 2 mm del diseño optimizado “a.4”. Fuente: Propia	_____ 48
Figura E.6. Tensión del diseño optimizado “a.4” con elementos de 2 mm. Fuente: Propia.	_____ 48
<i>Figura E.7. Adición de carga en torreta izquierda en el diseño original. Fuente: Propia</i>	_____ 49
Figura E.8. Tensión del diseño original con carga en torreta izquierda añadida. Fuente: Propia.	___ 49
<i>Figura E.9. Adición de carga en torreta inferior en el diseño original. Fuente: Propia</i>	_____ 50
Figura E.10. Tensión del diseño original con carga en torreta inferior añadida. Fuente: Propia.	___ 50
<i>Figura E.11. Adición de carga en torreta superior en el diseño original. Fuente: Propia</i>	_____ 51
Figura E.12. Tensión del diseño original con carga en torreta superior añadida. Fuente: Propia.	___ 51

A. Hojas de ruta y de fase

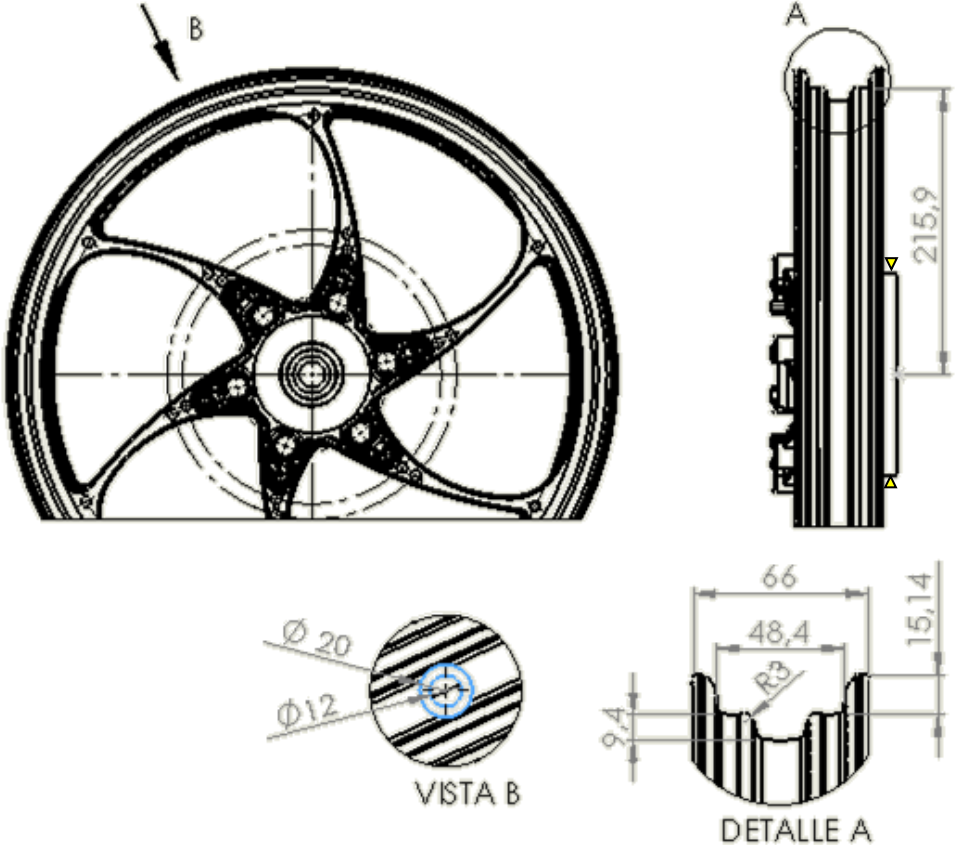
CICLO DE ELABORACIÓN				N. Pieza: 01/01		Página: 1/1	
Denominación: Preprototipo llanta en pasta máster				Modificación		Preparación Técnica	
				Modificación	Fecha	Nombre	Fecha
						Carlos Muñoz	1/9/16
Fase	Máq./Secc.	N. ubicación de trabajo	Descripción de las fases	Tiempo** de corte [hr:min:s]	Tiempo* de preparación [min]	Obs.	
10	Fresadora CN		Fijación del bloque inicial de pasta master de 500x500x100 con mordaza mecánica. Planeado de la cara superior. Desbaste interior del saliente cilíndrico central para poder agarrar la pieza en las siguientes operaciones con plato universal. Desbaste del bloque por el exterior hasta la mitad de profundidad.	00:53:10	30		
20	Fresadora CN		Fijación de la pieza con plato de garras universal. Contorneado de desbaste hasta el cerco, dejando saliente cilíndrico central. Desbaste de la pieza por el exterior hasta la mitad de profundidad. Desbaste y redesbaste del contorno de la parte interior de la llanta, hasta la mitad de la profundidad. Acabado alojamientos buje. Acabado del contorno del interior de la llanta. Acabado alojamientos torretas.	08:41:22	30		
30	Fresadora CN		Fijación de la pieza con el plato del divisor. Desbaste del contorno del perfil de la llanta. Semi acabado y acabado del contorno del perfil. Contorneado del alojamiento de la válvula.	04:00:00*	60		
40	Fresadora CN		Fijación de la pieza con un útil específico para esta fase. El útil se sujeta con mordaza mecánica y sujeta la llanta mediante tornillos de métrica 8. Desbaste y semi acabado del contorno de la parte interior de la llanta, hasta la mitad de la profundidad. Acabado del contorno de la mayor parte del interior de la llanta. Acabado alojamientos buje. Realización de los agujeros de los radios mediante fresado de cajera.	03:25:45	45		

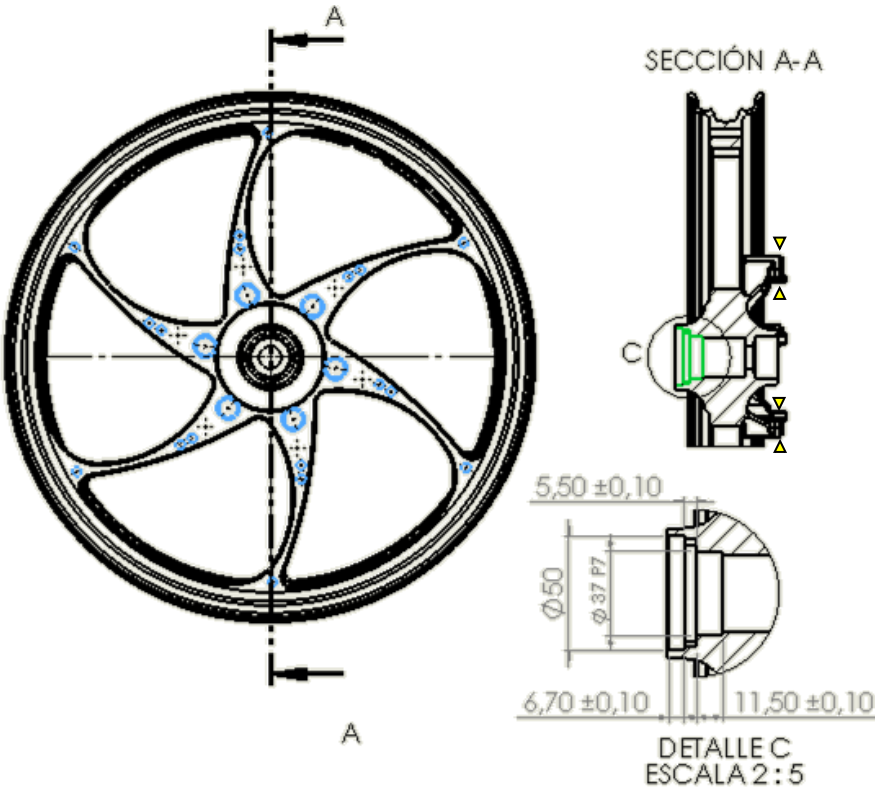
* Valoración de tiempo aproximada.

** Valor de tiempo calculado por el programa Cimatron.

FASE DEL CICLO DE ELABORACIÓN					
Denominación: Preprototipo llanta en pasta máster				N. pieza: 01/01	
Estudiado por: Carlos Muñoz Dibujado por: Carlos Muñoz Fecha: 09/09/2016 Sustituye a:		Material: Pasta máster Estat: - Sección o línea: Máquina: Centro mecanizado		Fase n. <div style="font-size: 24pt; font-weight: bold; text-align: center;">10</div>	
Descripción de la fase					
Fijación del bloque inicial de pasta master de 500x500x100 con mordaza mecánica. 1.- Planeado de la cara superior. 2.- Desbaste interior del saliente cilíndrico central para poder agarrar la pieza en las siguientes operaciones con plato universal. 3.- Contorneado de desbaste del bloque por el exterior hasta la mitad de profundidad.					
Utillajes y herramientas					
Cantidad	Utillajes	Cantidad	Herramientas	Cantidad	Aparatos de control
1	Mordaza mecánica	1	Fresa de plato de 40 mm de Ø		
		1	Fresa plana de 10 mm de Ø		
Efectuado:			Modificaciones:		
Verificación:					
Frecuencia de verificación:					

FASE DEL CICLO DE ELABORACIÓN					
Denominación: Preprototipo llanta en pasta máster				N. pieza: 01/01	
Estudiado por: Carlos Muñoz Dibujado por: Carlos Muñoz Fecha: 01/09/2016 Sustituye a:		Material: Pasta máster Estat: - Sección o línea: Máquina: Centro mecanizado		Fase n. <div style="font-size: 1.5em; font-weight: bold; text-align: center;">20</div>	
Descripción de la fase					
<p>Fijación de la pieza con plato de garras universal.</p> <p>1.- Desbaste hasta el cerco, dejando saliente cilíndrico central.</p> <p>2.- Contorneado de desbaste de la pieza por el exterior hasta la mitad de profundidad.</p> <p>3.- Desbaste y redesbaste del contorno de la parte interior de la llanta, hasta la mitad de la profundidad.</p> <p>4.- Acabado del alojamiento de los rodamientos y goma selladora del buje.</p> <p>5.- Acabado del contorno del interior de la llanta.</p> <p>6.- Acabado de los alojamientos de las 6 torretas.</p>					
Utillajes y herramientas					
Cantidad	Utillajes	Cantidad	Herramientas	Cantidad	Aparatos de control
1	Plato de garras	1	Fresa de plato de 40 mm de Ø	1	Micrómetro de interiores para medir agujero de 37
		1	Fresa de plato de 25 mm de Ø		
		1	Fresa plana de 10 mm de Ø		
		1	Fresa tórica de 10 mm de Ø	1	Pie de rey para comprobar distancia de las torretas respecto al buje
		1	Fresa esférica de 6 mm de Ø		
		1	Fresa plana de 4 mm de Ø		
Efectuado:			Modificaciones:		
Verificación: Frecuencia de verificación:					

FASE DEL CICLO DE ELABORACIÓN					
Denominación: Preprototipo llanta en pasta máster				N. pieza: 01/01	
Estudiado por: Carlos Muñoz Dibujado por: Carlos Muñoz Fecha: 01/09/2016 Sustituye a:		Material: Pasta máster Estat: - Sección o línea: Máquina: Centro mecanizado		Fase n. <div style="font-size: 24px; font-weight: bold; text-align: center;">30</div>	
		N.:			
Descripción de la fase					
Fijación de la pieza con el plato del divisor. 1.- Desbaste del contorno del perfil de la llanta. 2.- Semi acabado y acabado del contorno del perfil. 3.- Contorneado del alojamiento de la válvula.					
					
Utillajes y herramientas					
Cantidad	Utillajes	Cantidad	Herramientas	Cantidad	Aparatos de control
1	Divisor con plato de garras universal	1	Fresa plana de 10 mm de Ø	1	Pie de rey para comprobar medidas del perfil del cerco
		1	Fresa esférica de 8 mm de Ø		
		1	Fresa esférica de 6 mm de Ø		
		1	Fresa plana de 4 mm de Ø		
Efectuado:			Modificaciones:		
Verificación:					
Frecuencia de verificación:					

FASE DEL CICLO DE ELABORACIÓN					
Denominación: Preprototipo llanta en pasta máster				N. pieza: 01/01	
Estudiado por: Carlos Muñoz Dibujado por: Carlos Muñoz Fecha: 01/09/2016 Sustituye a:		Material: Pasta máster Estat: - Sección o línea: Máquina: Centro mecanizado		Fase n. <div style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; text-align: center;">40</div>	
Descripción de la fase					
<p>Fijación de la pieza con el útil hecho específicamente para esta fase.</p> <p>El útil se sujeta con mordaza mecánica y sujeta la llanta mediante tornillos de métrica 8.</p> <p>1.- Desbaste y redesbaste del contorno de la parte interior de la llanta, hasta la mitad de la profundidad.</p> <p>2.- Acabado del contorno de la mayor parte del interior de la llanta.</p> <p>3.- Acabado alojamiento de los rodamientos, goma selladora y del alojamiento del cuentaquilómetros del buje.</p> <p>4.- Realización de los agujeros de los radios mediante fresado de caja.</p>					
					
Utillajes y herramientas					
Cantidad	Utillajes	Cantidad	Herramientas	Cantidad	Aparatos de control
1 1	Mordaza mecánica Util específico con 5 tornillos (50 mm longitud y métrica 8)	1 1 1 1 1	Fresa de plato de 25 mm de Ø Fresa plana de 10 mm de Ø Fresa tórica de 10 mm de Ø Fresa esférica de 6 mm de Ø Fresa plana de 4 mm de Ø	1	Micrómetro de interiores para medir agujero de 37
Efectuado:			Modificaciones:		
Verificación: Frecuencia de verificación:					

B. Especificaciones técnicas

B.1. Centro de mecanizado Haas VM-2

[Special Series]

Haas VM Series

The Vertical Mold Making Machines



Side-mount tool changer
(24+1 tools) swaps tools in just 2.8 seconds

Inline direct-drive spindle feature
12,000 rpm and on-the-fly wye-delta switching

Specially designed table
with T-slots in X and Y directions, plus precision dowel-pin bores, and drilled & tapped holes

Warranty: 1 Year Parts and Labor

[Standard Features]

<ul style="list-style-type: none"> 30 hp Vector Drive 12,000-rpm 40-Taper Spindle Inline Direct-Drive 24+1 Side-Mount Tool Changer Programmable Coolant Nozzle 15" Color LCD Monitor w/USB Port High-Speed Machining w/Look-Ahead Rigid Tapping Ethernet Interface 	<ul style="list-style-type: none"> Chip Auger System Automatic Air Gun Coordinate Rotation & Scaling User-Definable Macros Enhanced Remote Jog Handle w/LCD Power Failure Detection Module 750 MB Program Memory Brushless Servos on All Axes Made in the USA
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Haas Automation, Inc. | www.HaasCNC.com | 800-331-6746 | Made in U.S.A.

Specifications subject to change without notice. Not responsible for typographical errors. Machines shown with optional equipment. Actual product appearance may differ.

Figura B.1. Especificaciones técnicas del CM Haas VM-2, parte 1. Fuente: [1]

[Technical Specifications]

Haas VM Series The Vertical Mold Making Machines



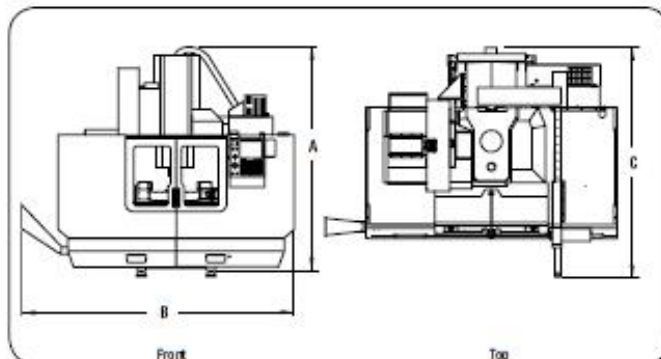
The Haas VM Series machines are high-performance VMCs that provide the accuracy, rigidity, and thermal stability required for mold making, tool & die work, and other high-precision industries. Each machine features a generous work cube, a multi-fixturing table, and a 12,000-rpm inline direct-drive spindle. Standard features include the Haas high-speed control with full look-ahead, 24-pocket side-mount tool changer, programmable coolant nozzle, automatic air gun, and much more. An optional 15,000-rpm spindle is available.



For versatile fixturing, VM Series machines feature a specially designed table that has T-slots in both X and Y directions, as well as precision dowel-pin bores, and a pattern of drilled & tapped holes.



The Haas-built 12,000-rpm inline direct-drive spindle, combined with the Haas high-speed control with full look-ahead, provides the accuracy and fine surface finishes mold makers and other high-precision industries demand. An optional 15,000-rpm spindle is available.



Operating Dimensions	VM-2	VM-3	VM-6
A. Max Operating Height	116" 2,945 mm	118" 2,997 mm	133" 3,378 mm
B. Max Operating Width	125" 3,175 mm	153" 3,880 mm	189" 4,801 mm
C. Max Operating Depth	102" 2,590 mm	112" 2,845 mm	122" 3,099 mm

† With control enclosure and. Additional 30" (762 mm) required to operate safely past.



Specification is subject to change without notice.
Not responsible for typographical errors.
Machines shown with optional equipment.

Nov 2015

[Specifications]

Travels	VM-2	VM-3	VM-6
X	30" 762 mm	40" 1,016 mm	64" 1,626 mm
Y	20" 508 mm	26" 660 mm	32" 813 mm
Z	20" 508 mm	25" 635 mm	30" 762 mm

Table	VM-2	VM-3	VM-6
Length	36" 914 mm	54" 1,372 mm	64" 1,626 mm
Width	18" 457 mm	25" 635 mm	28" 711 mm
Max Weight on Table	3000 lb 1,361 kg	3500 lb 1,588 kg	4000 lb 1,814 kg

Spindle	
Speed	12,000 rpm (15,000 rpm opt.)
Drive System	Inline Direct-Drive
Max Torque	90 ft-lb @ 2000 rpm 122 Nm @ 2000 rpm
Max Rating	30 hp 22.4 kW

Brushless Axis Motors	
Max Thrust	
X Axis	3400 lb 15,124 N
Y Axis	3400 lb 15,124 N
Z Axis	5600 lb 24,910 N

Feedrates	
Max Rapids	
X Axis	710 ipm 18.0 m/min
Y Axis	710 ipm 18.0 m/min
Z Axis	710 ipm 18.0 m/min
Max Cutting	500 ipm 12.7 m/min

Tool Changer	
Capacity	24+1 (40+1 optional)
Tool Type/Taper	CT 40 (BT 40 optional)
Max Tool Diameter	3.0" 76 mm
Tool to Tool	2.8 sec
Chip to Chip	3.6 sec

General	
Machine Weight	7500 lb 3,402 kg
Power Required (min)	14,000 lb 6,350 kg
	21,000 lb 9,526 kg
	195-280 VAC 3-Phase

Figura B.2. Especificaciones técnicas del CM Haas VM-2, parte 2. Fuente: [1]

B.2. Ficha Técnica aluminio 5083



ALUMINI BLM5083

Alumini d'alta resistència mecànica i a la corrosió, de fàcil conformar i bona soldabilitat. L'alumini 5083 és adequat per aplicacions que requereixin soldabilitat, una resistència mecànica moderada, i/o una bona resistència a la corrosió.

S'utilitza pel mecanitzat de peces, en la indústria de l'automodó, la indústria naval, i la indústria aeronàutica.

És adequat per a instal·lacions a la intempèria, estructures de maquinària, utilitats i recipients electrodomèstics, a pressió, i criogènics.

COMPOSICIÓ QUÍMICA

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Altres	Al
Mínim				0.40	4.00	0.05				
Màxim	0.40	0.40	0.10	1.00	4.90	0.25	0.25	0.15	0.20	Reste

PROPIETATS FÍSQUES

Mòdul elàstic	71.000	N/mm ²
Pes específic	2.70	gms/cm ³
Temperatura de fusió	580-645	°C
Coefficient de dilatació lineal	24*5	(20°-100°) 10 ⁻⁶ /°C
Conductivitat tèrmica	120	W/m °C
Resistència elèctrica	6*1	μΩcm.
Conductivitat elèctrica	28*3	% IACS
Potencial de dissolució	0.86	V

PROPIETATS MECÀNIQUES

H111		
Càrrega de ruptura	300	Rm N/mm ²
Límit elàstic	140	Rp 0.2 N/mm ²
Allargament	18	5.65 V So
Resistència al cisallat	180	N/mm ²
Duresa Brinell	72	HB
Vickers	76	

Figura B.3. Especificaciones técnicas del Aluminio 5083, parte 1. Fuente: [2].



PROPIETATS TECNOLÒGIQUES

SOLDADURA		EMBUTICIÓ	
A la flama	Molt bona	Per expansió	
Al arc sota gas argó	Molt bona	En estat: 0	Bona
Per resistència elèctrica	Molt bona	En estat: H116	Regular
Brasejat	Dolenta	Embutició profunda	Bona
MECANITZACIÓ		ANODITZAT	
Fragmentació de la llimadura	Regular	De protecció	Molt bona
Brillantor de superfície	Molt bona	Decoratiu	Regular
COMPORTAMENT NATURAL		Anoditzat dur	Molt bona
Ambient rural	Molt bona	REPUSSAT	
Ambient industrial	Molt bona	En estat: 0	Regular
Ambient marí	Molt bona		
En aigua de mar	Molt bona		

EQUIVALÈNCIES INTERNACIONALS

EEUU	5083
ESPANYA	L-3321
UNE	38340
FRANÇA - AFNOR	A-G4,5 M
ALEMÀNIA	Al Mg 4,5Mn
DIN (1712-1725)	33547
GB	N8
SUÈCIA - SIS	4140
SUÏSSA	Peralumun 460
CANADÀ	D54 S


Figura B.4. Especificaciones técnicas del Aluminio 5083, parte 2. Fuente: [2].

B.3. Ficha técnica pasta master “placa poliuretánica”

RAKU-TOOL® MB-0670

Placa Mecanizable

Placa Poliuretánica para modelos



RAMPF®
discover the future

© RAMPF Tooling Solutions GmbH & Co. KG
PC - Rev.-Status: 01 - 2015/03/12
Página 1 / 2

Características

- Estructura superficial muy compacta
- Fácil de perfilar y de mecanizar
- Bajo coeficiente de expansión
- Buena estabilidad dimensional

Aplicaciones

- Modelos maestros
- Útiles de control
- Modelos

Propiedades Mecánicas

			MB-0670
Color	Visual		Marrón
Densidad	ISO 1183	g/cm ³	aprox. 0,67
Dureza Shore D	ISO 868		60 – 65
Coefficiente de expansión térmica	ISO 11359	10 ⁻⁶ K ⁻¹	50 – 55
Temperatura de deformación	ISO 75	°C	75 – 80
Resistencia a la compresión	ISO 604	MPa	15 – 20
Resistencia a flexión	ISO 178	MPa	20 – 25

Condiciones de trabajo

La placa mecanizable se debe utilizar a una temperatura entre 20°C y 25°C.

Formato

RAKU-TOOL® MB-0670	1500 x 500 x 25 mm
	1500 x 500 x 30 mm
	1500 x 500 x 50 mm
	1500 x 500 x 75 mm
	1500 x 500 x 100 mm
	1500 x 500 x 150 mm
	1500 x 500 x 200 mm

Almacenamiento

Las placas deben almacenarse en horizontal y en las cajas originales en un lugar seco. Las variaciones de temperaturas se deben evitar durante el transporte y el almacenamiento.

Figura B.5. Especificaciones técnicas de la placa master, parte 1. Fuente [3].



RAKU-TOOL® MB-0670

Placa Mecanizable

Placa Poliuretánica para modelos



© RAMPF Tooling Solutions GmbH & Co. KG

PC - Rev.-Status: 01- 2015/03/12

Página 2 / 2

Precauciones de utilización

Se debe asegurar una ventilación adecuada del lugar de trabajo. Las medidas de seguridad e higiene relativas al manejo de resinas reactivas y sus endurecedores deberán ser respetadas. Por favor, preste atención a las correspondientes fichas de seguridad.

Para ampliar la información correspondiente a adhesivos y masillas de reparación, por favor, consulten las correspondientes fichas técnicas.

Figura B.6. Especificaciones técnicas de la placa master, parte 2. Fuente [3].

C.Geometria y resultados de los modelos simulados en la primera etapa de rediseño.

En este apartado se presentan los diferentes diseños de la primera etapa de rediseño. Se muestran las perspectivas isométrica, frontal y trasera de cada uno. Se indica también los resultados de las simulaciones y la masa de cada solido calculada por el programa Solidworks.

C.1. Diseño original

En la Figura C.1 se muestran las vistas isométrica, frontal y trasera del diseño original. La masa calculada es 3957,82 g.

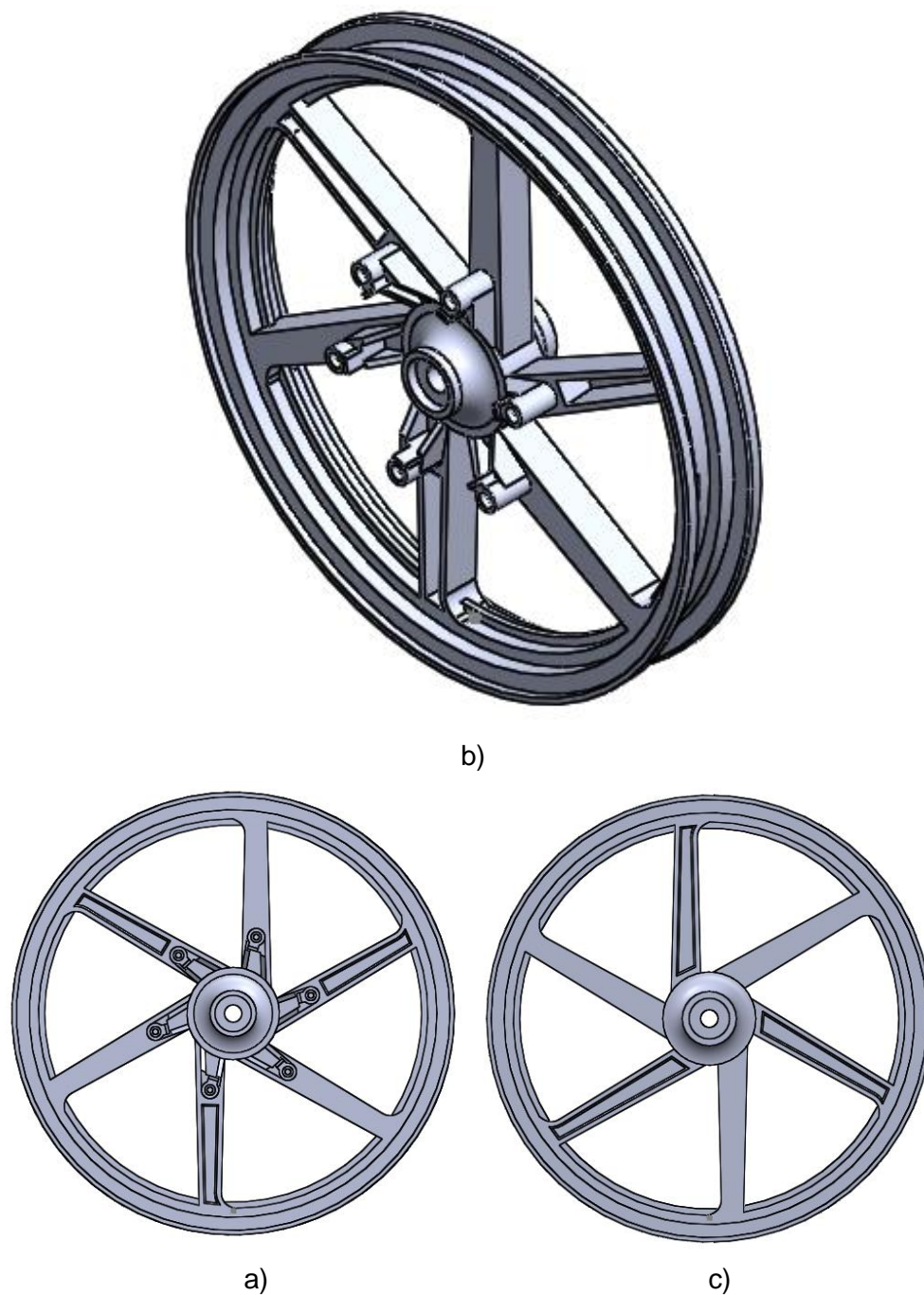


Figura C.1: Diseño original 3D a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera
Fuente: Propia.

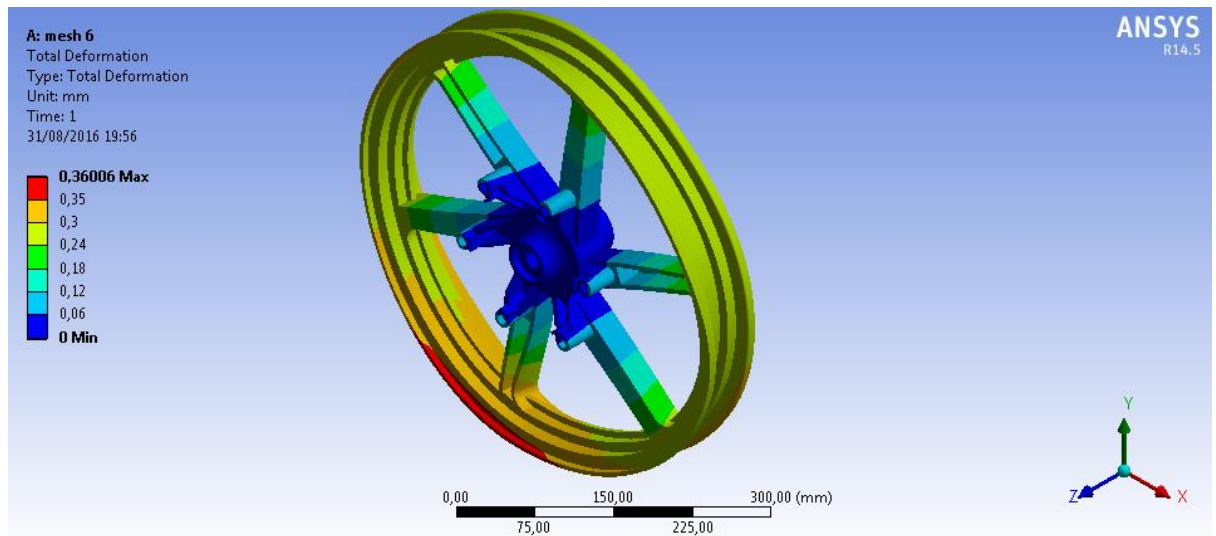


Figura C.2. Deformación del diseño original en la simulación general.

Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura C.2): 0,325mm (Entre 0,3-0,35)

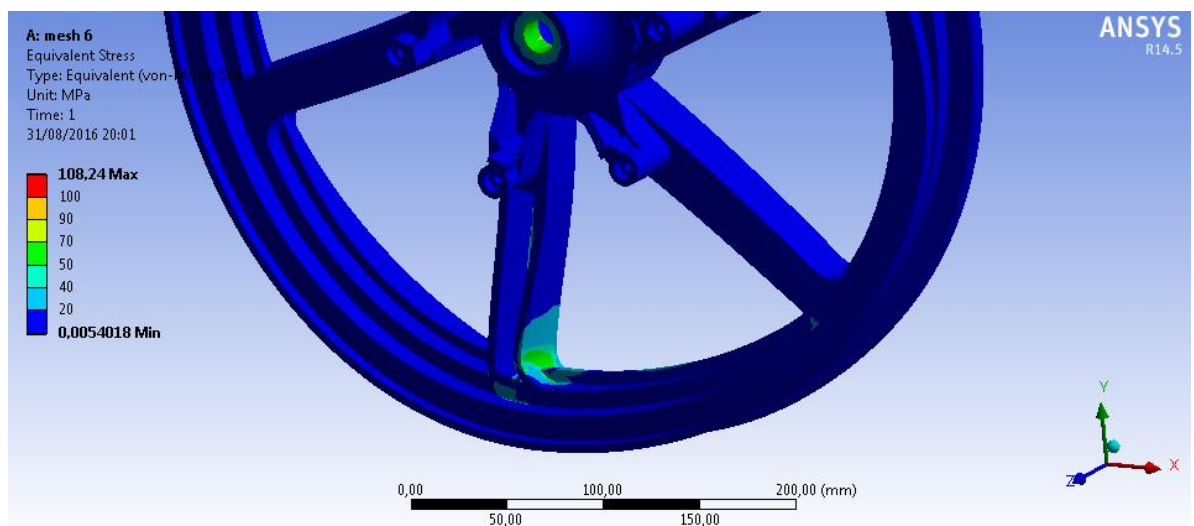


Figura C.3. Tensión del diseño original en simulación general. Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura C.3): 60 MPa (Entre 50-70)

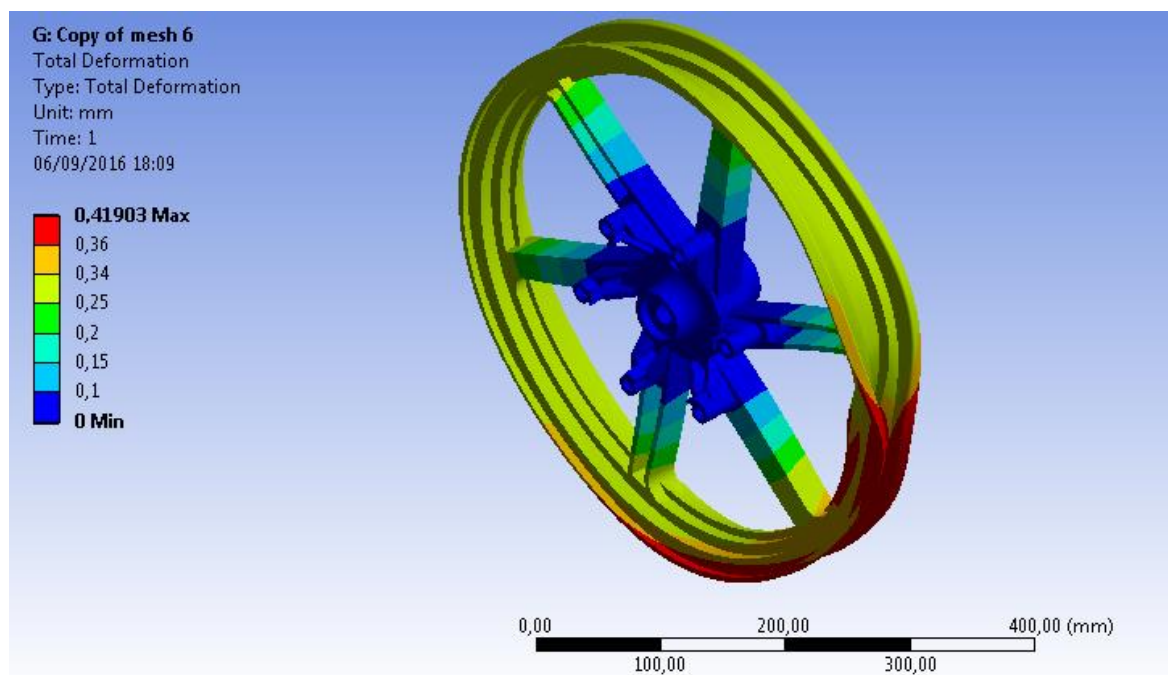


Figura C.4. Deformación del diseño original en simulación secundaria. Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio(Figura C.4): 0,35mm (Entre 0,34-0,36)

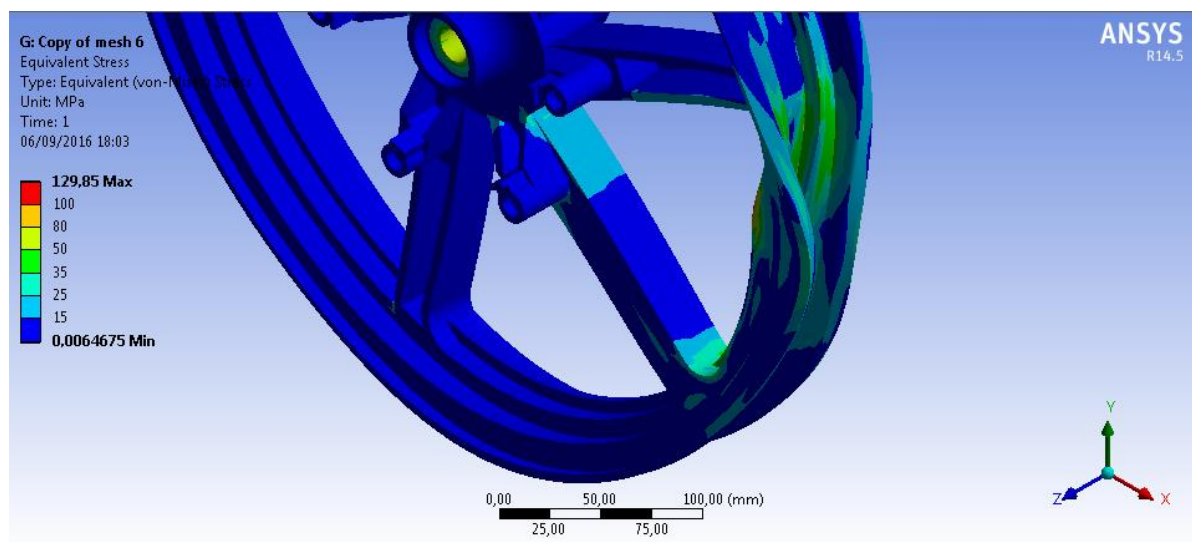


Figura C.5. Tensión del diseño optimizado en simulación secundaria. Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura C.5): 30 MPa (Entre 25-35)

C.2. Diseño descartado “b”

En la Figura C.6 se muestran las vistas isométrica, frontal y trasera del diseño descartado “b”. La masa calculada es de 6638,37 gramos.

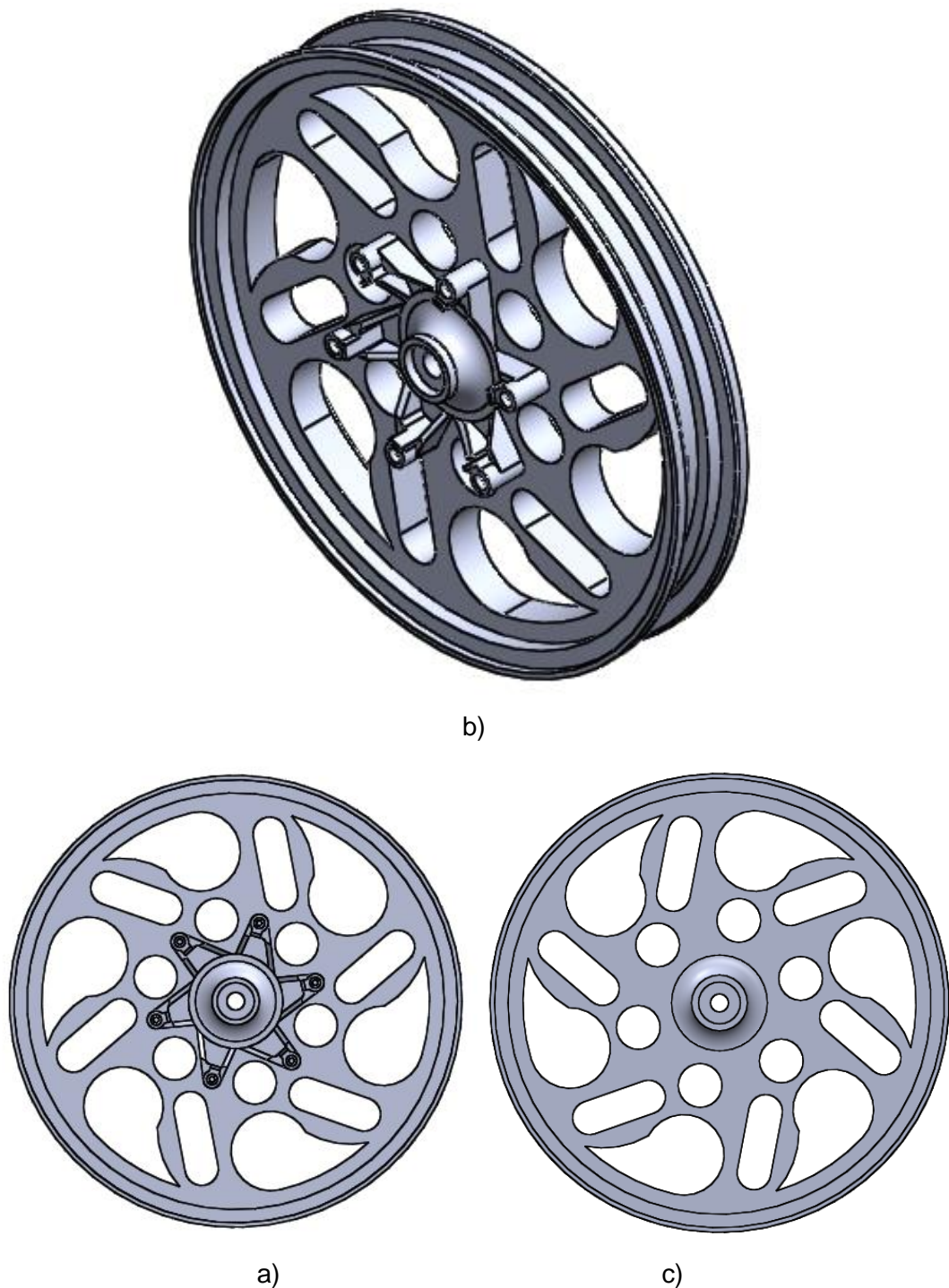


Figura C.6. Diseño descartado “b” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera.
Fuente: Propia.

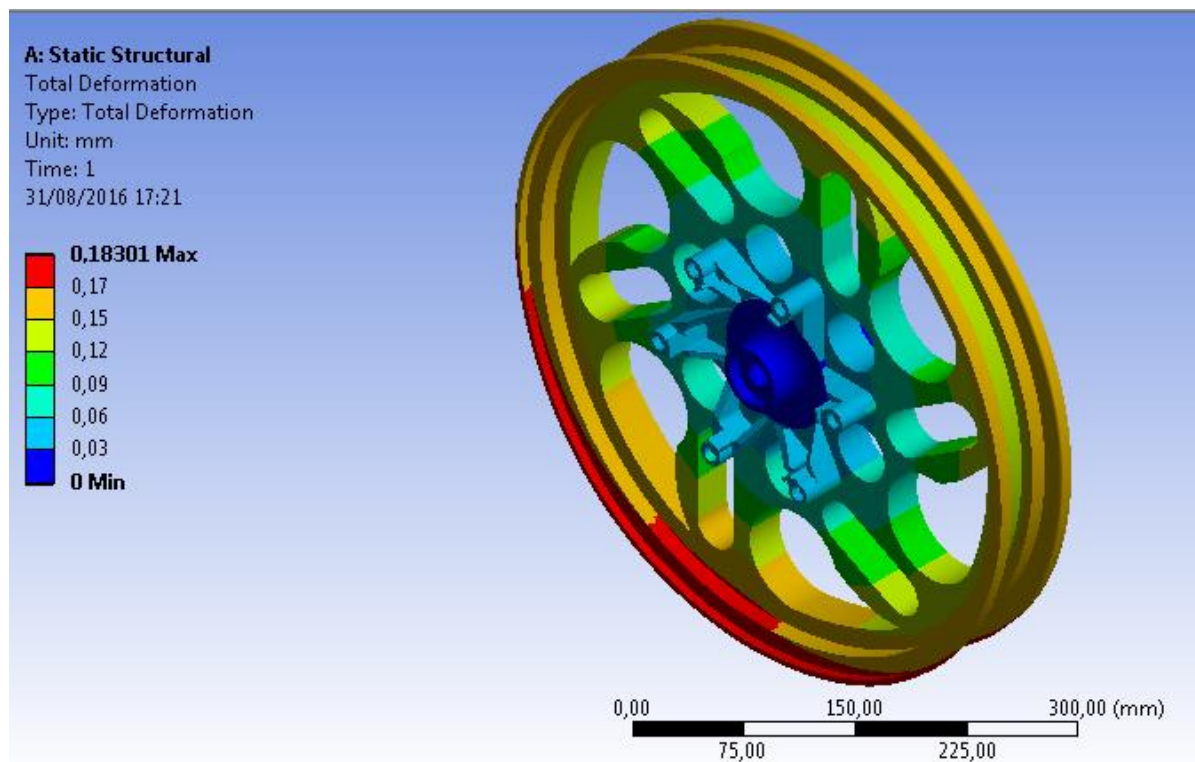


Figura C.7. Deformación del diseño descartado “b” en la simulación general.

Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura C.7): 0,16 mm (Entre 0,15-0,17)

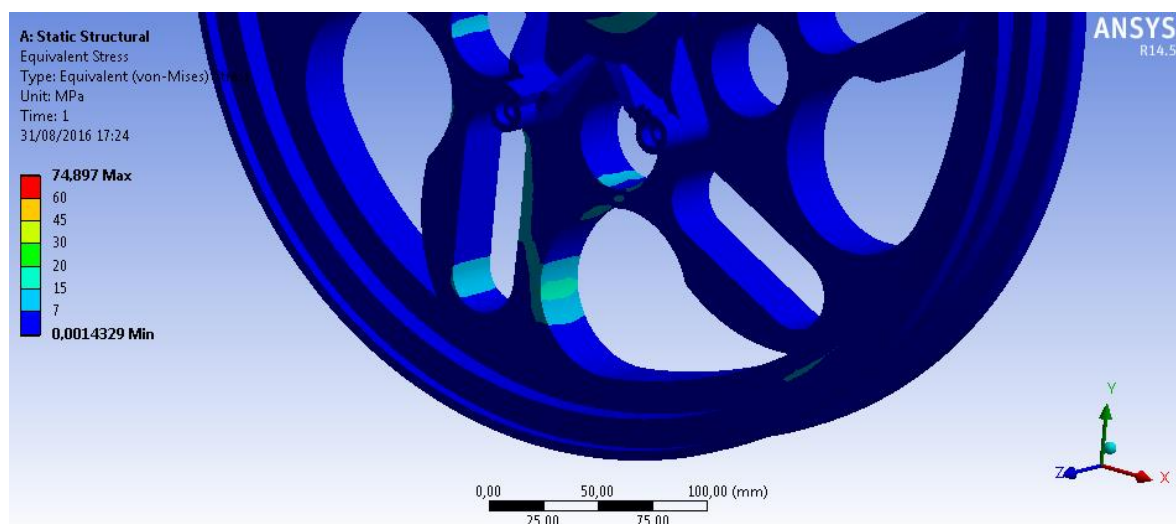


Figura C.8. Tensión del diseño descartado “b” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura C.8): 17,5 MPa (Entre 15-20)

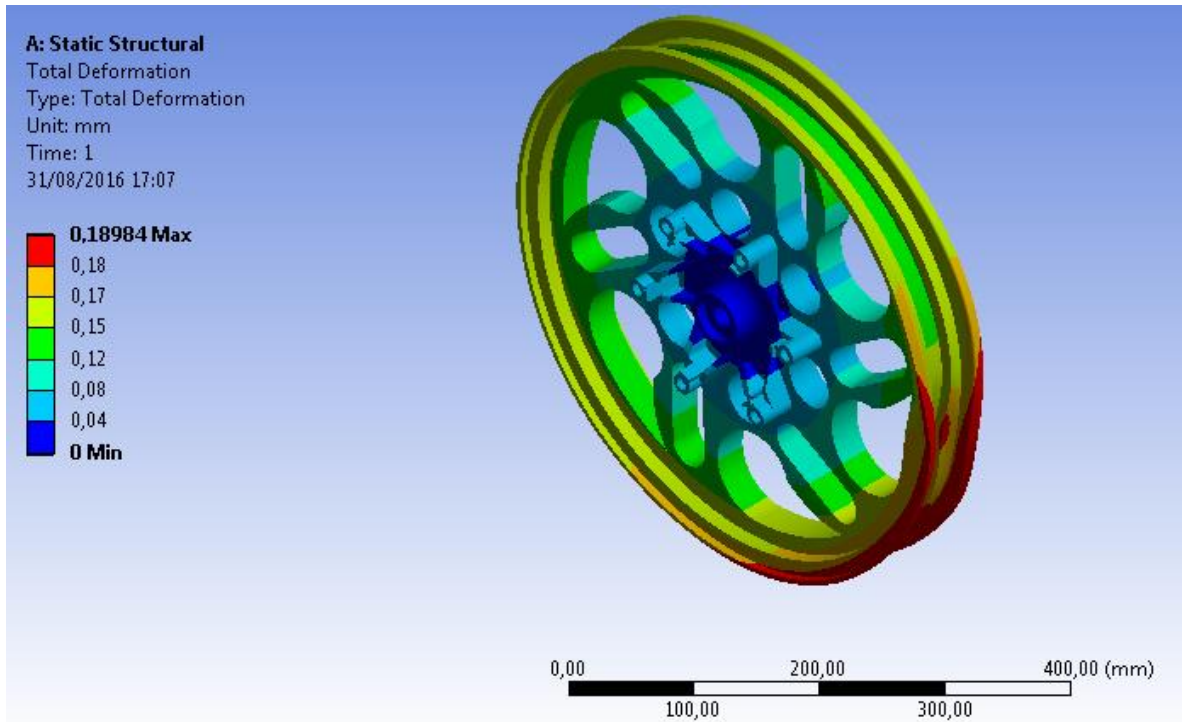


Figura C.9. Deformación del diseño descartado “b” en simulación secundaria.

Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura C.9): 0,16 mm (Entre 0,15-0,17)

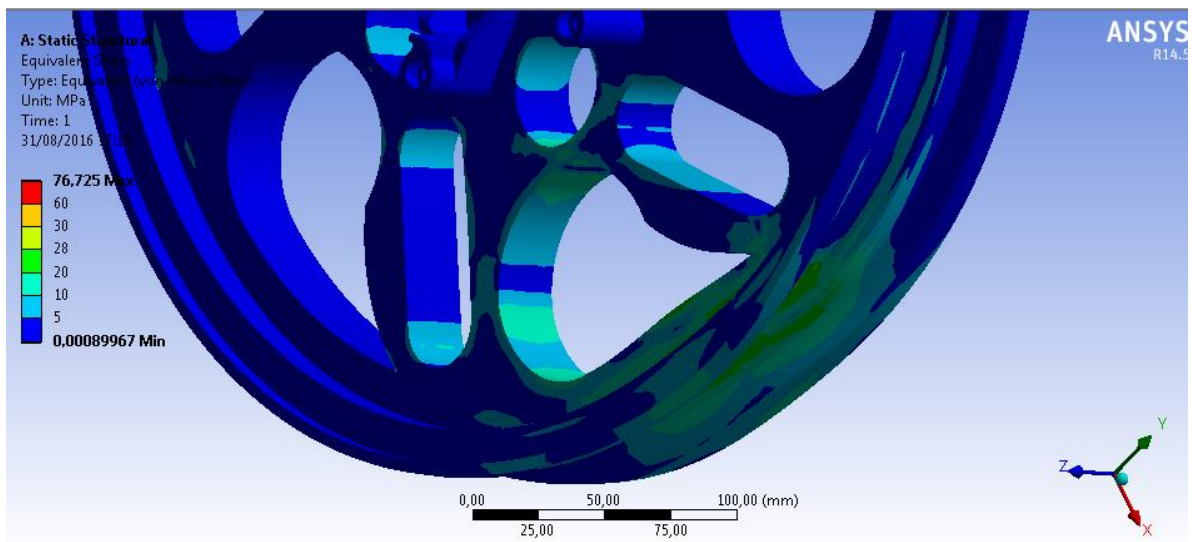


Figura C.10. Tensión del diseño descartado “b” en simulación secundaria.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura C.10): 15 MPa (Entre 10-20)

C.3. Diseño descartado “c.2”

En la Figura C.11 se muestran las vistas isométrica, frontal y trasera del diseño descartado “c.2”. La masa calculada 5108,17 gramos.

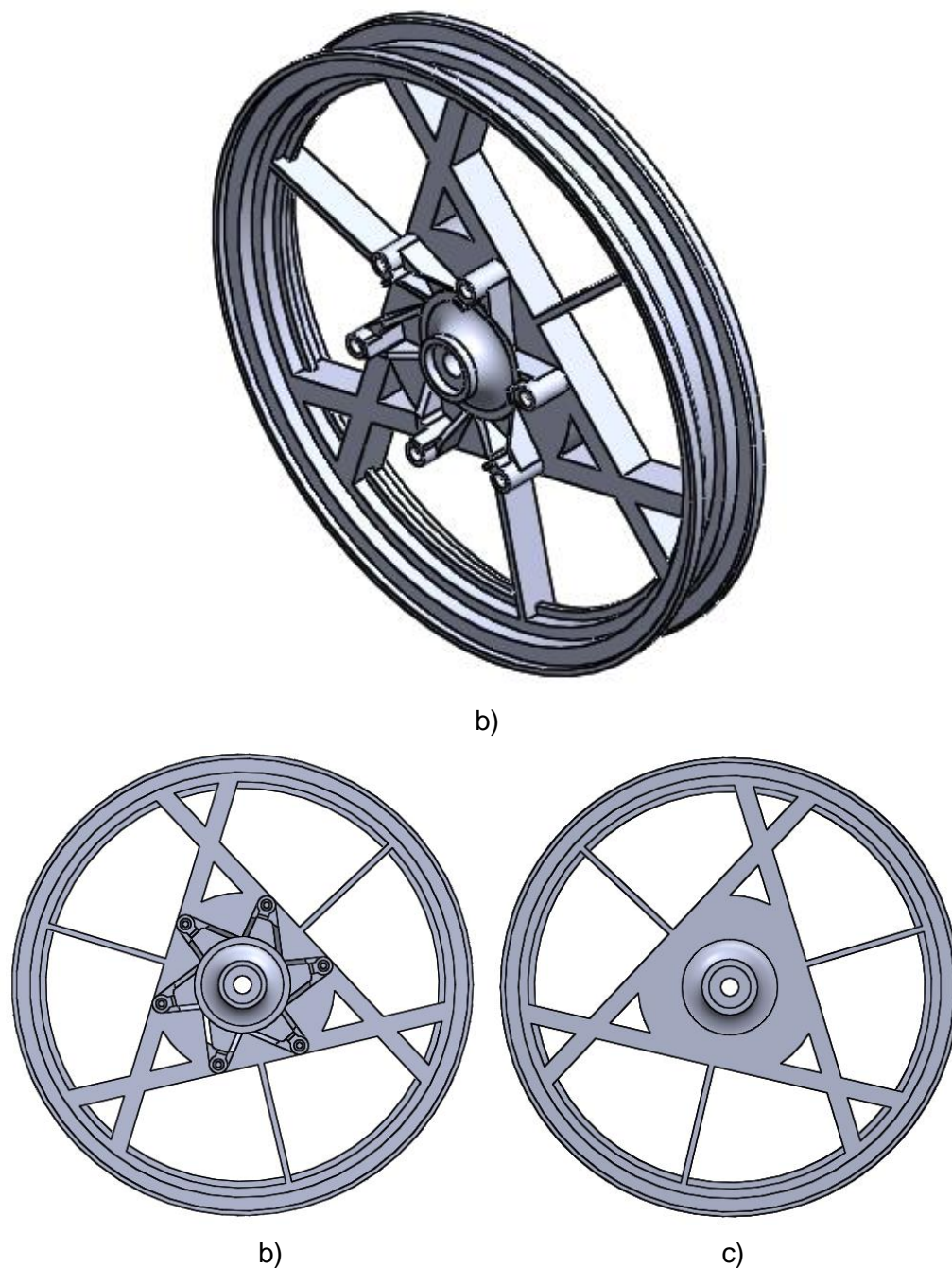


Figura C.11. Diseño descartado “c.2” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera.
Fuente: Propia.

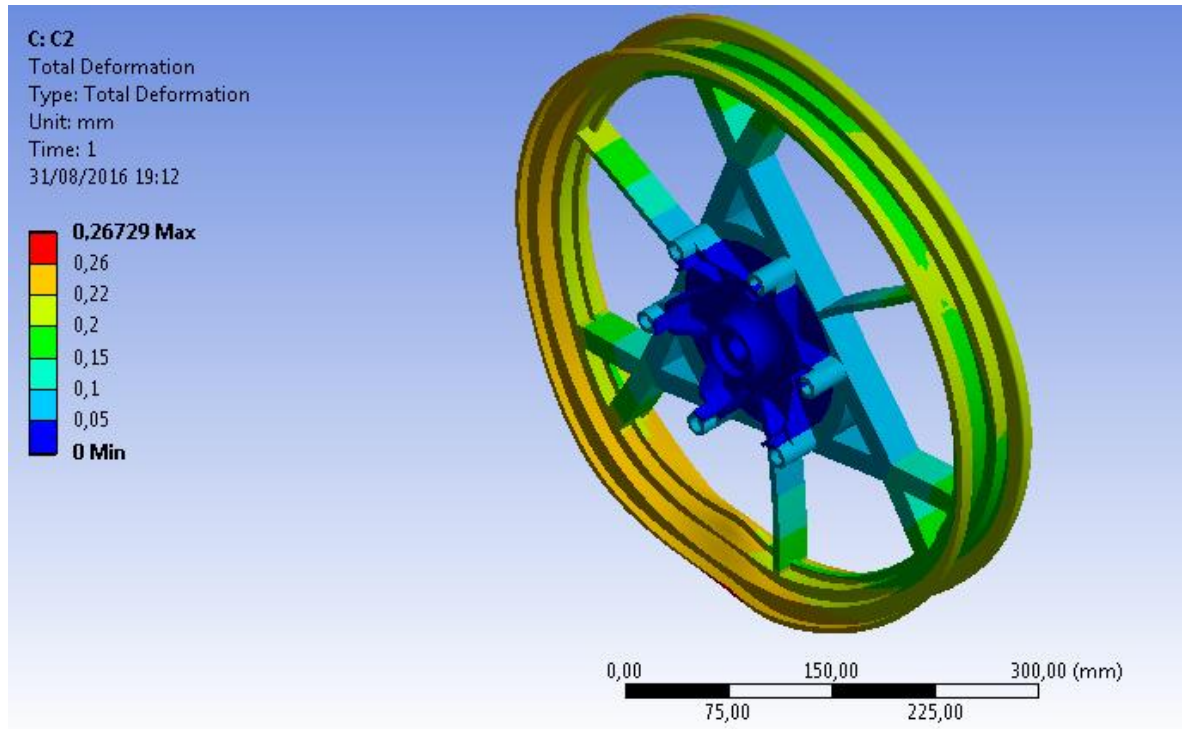


Figura C.12. Deformación del diseño descartado “c.2” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura C.12): 0,21 mm (Entre 0,2-0,22)

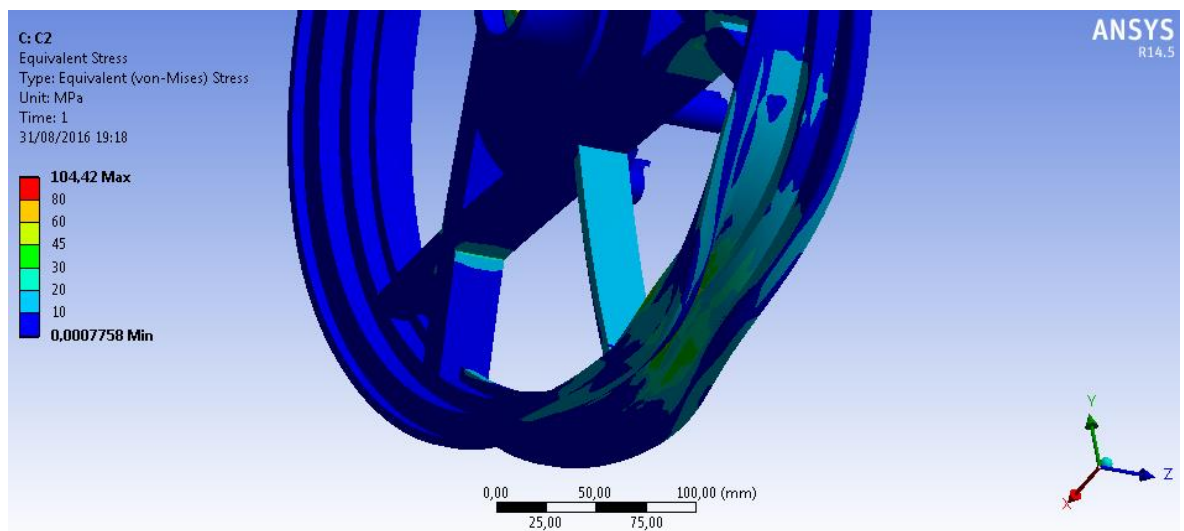


Figura C.13. Tensión del diseño descartado “c.2” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura C.13): 25 MPa (Entre 20-30)

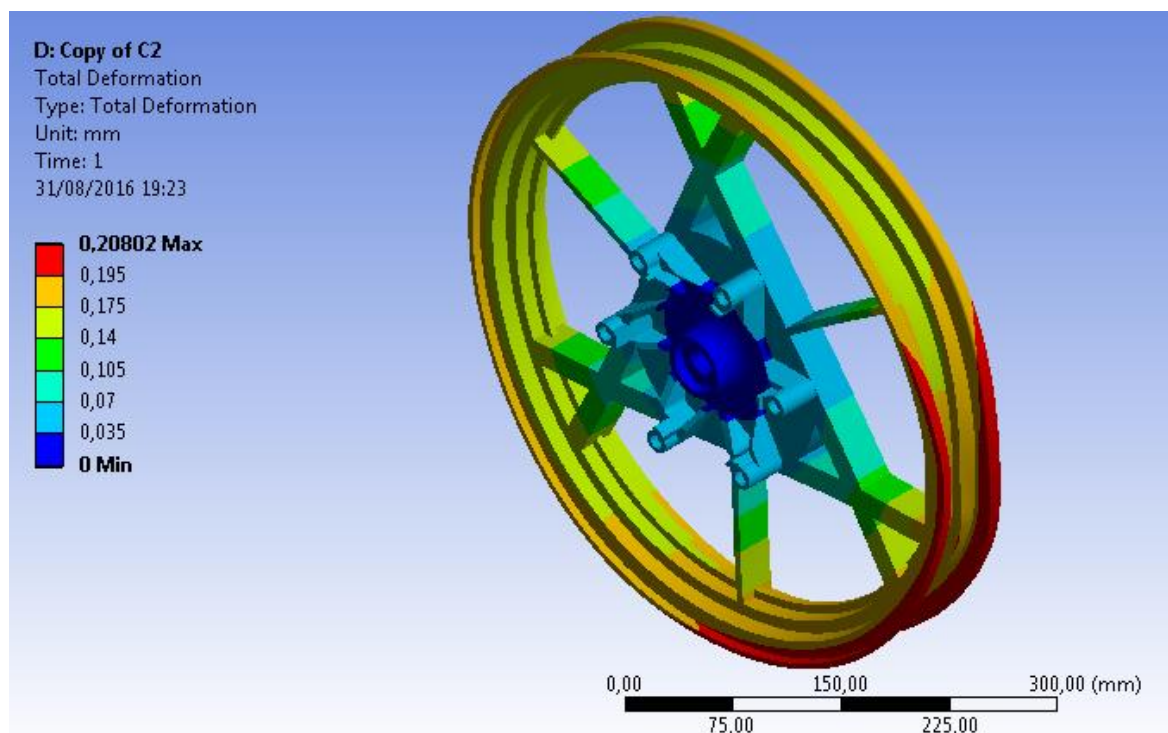


Figura C.14. Deformación del diseño descartado “c.2” en simulación secundaria.

Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura C.14): 0,21 mm (Entre 0,2-0,22)

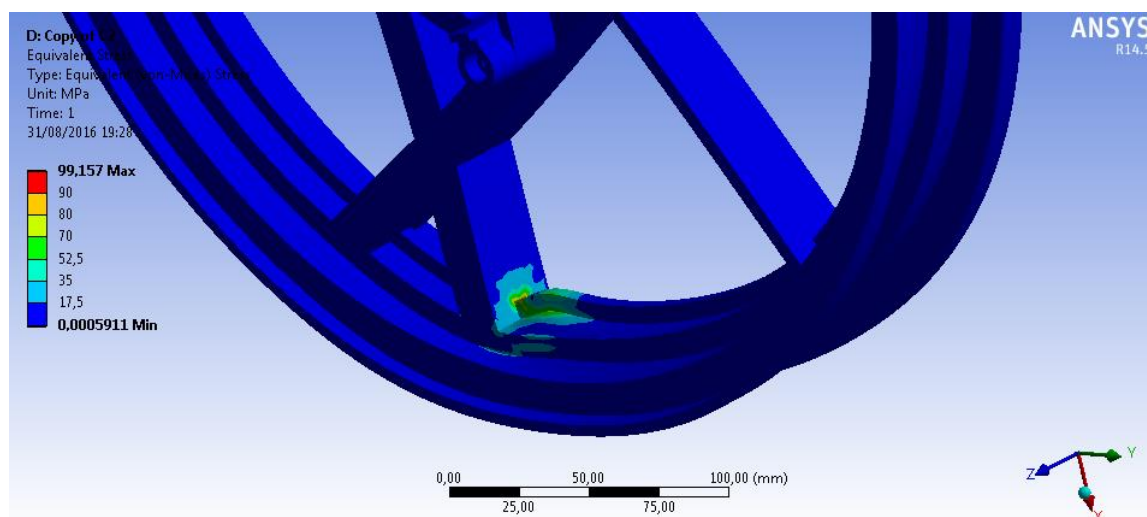


Figura C.15. Tensión del diseño descartado “c.2” en simulación secundaria.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura C.15): 75 MPa (Entre 70-80)

C.4. Diseño descartado “c.3”

En la Figura C.16 se muestran las vistas isométrica, frontal y trasera del diseño descartado “c.3”. La masa calculada es 5862,01 gramos.

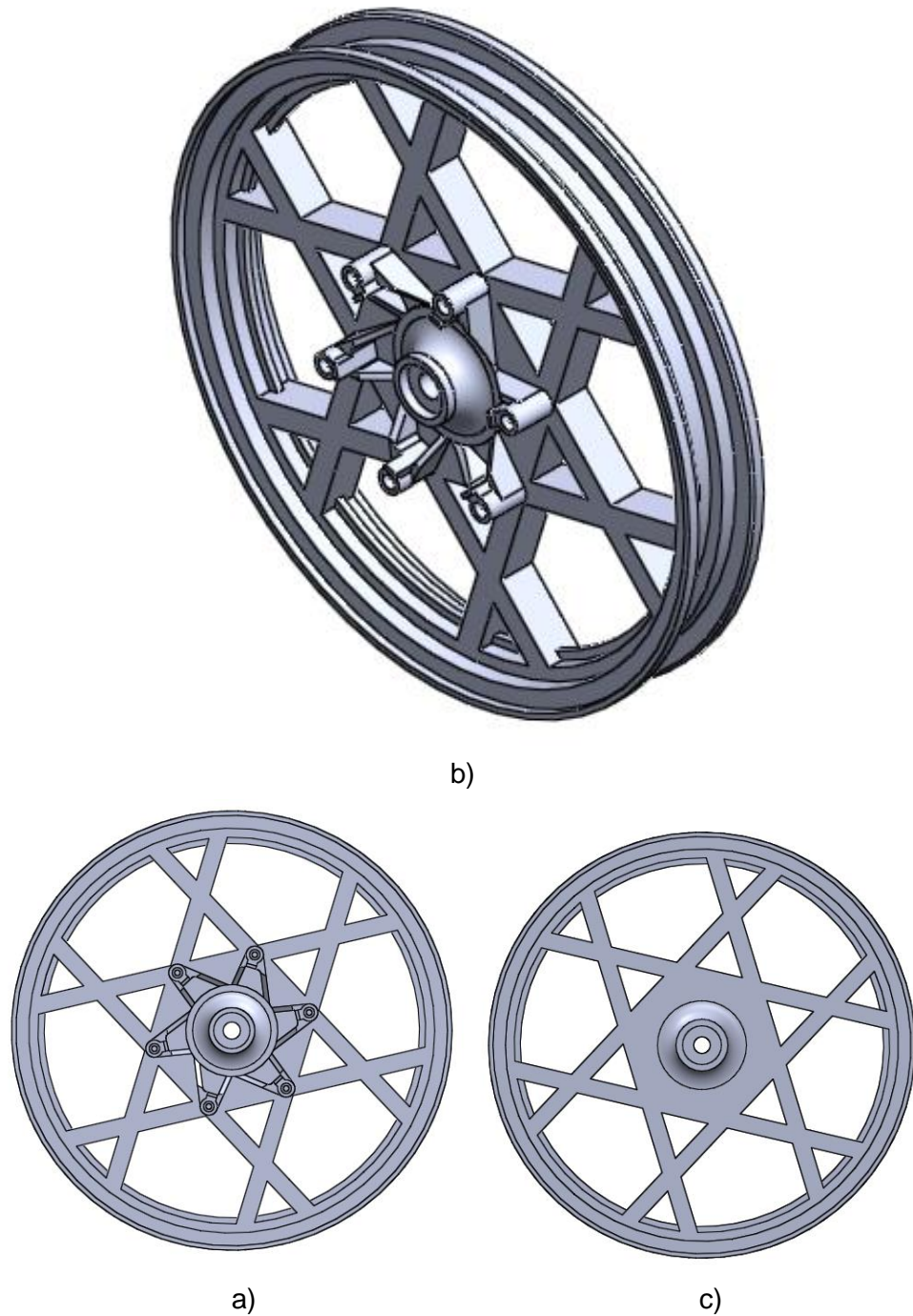


Figura C.16. Diseño descartado “c.3” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera.

Fuente: Propia.

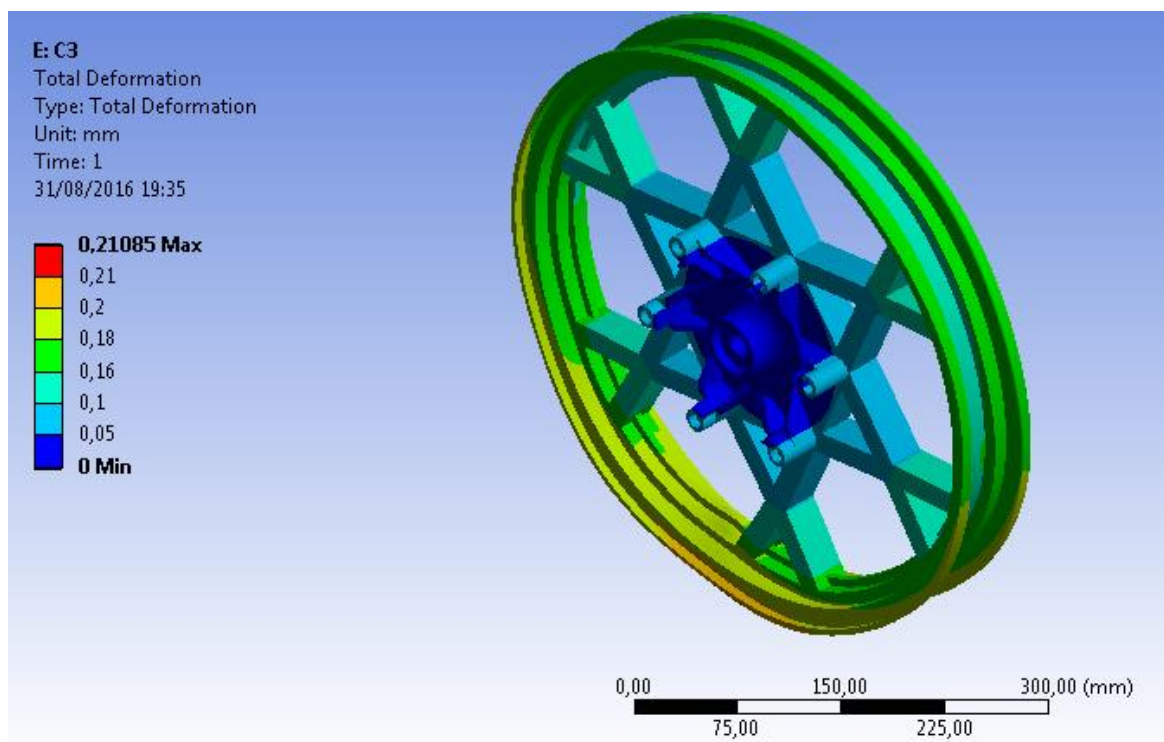


Figura C.17. Deformación del diseño descartado “c.3” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura C.17): 0,17 mm (Entre 0,16-0,18)

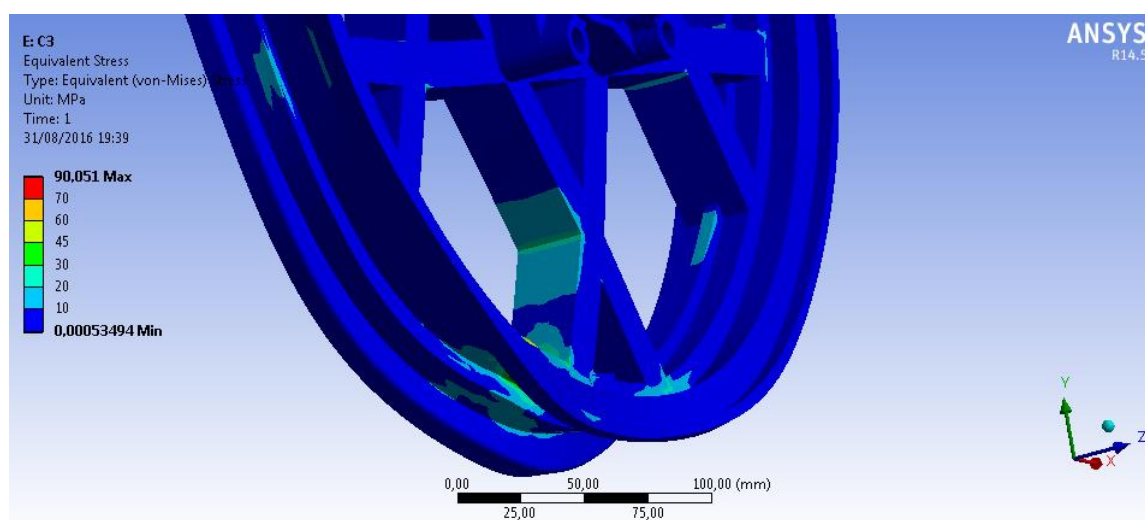


Figura C.18. Tensión del diseño descartado “c.3” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura C.18): 25 MPa (Entre 20-30)

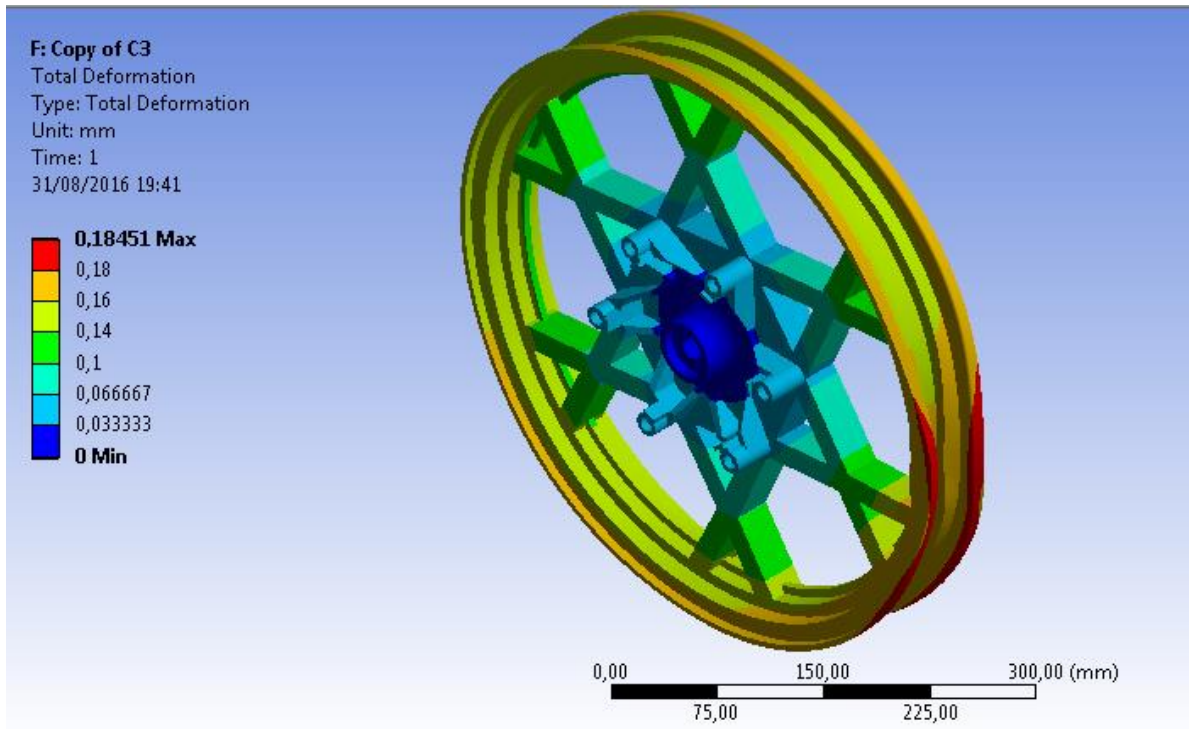


Figura C.19. Deformación del diseño descartado “c.3” en simulación secundaria. Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio Figura C.19): 0,17 mm (Entre 0,16-0,18)

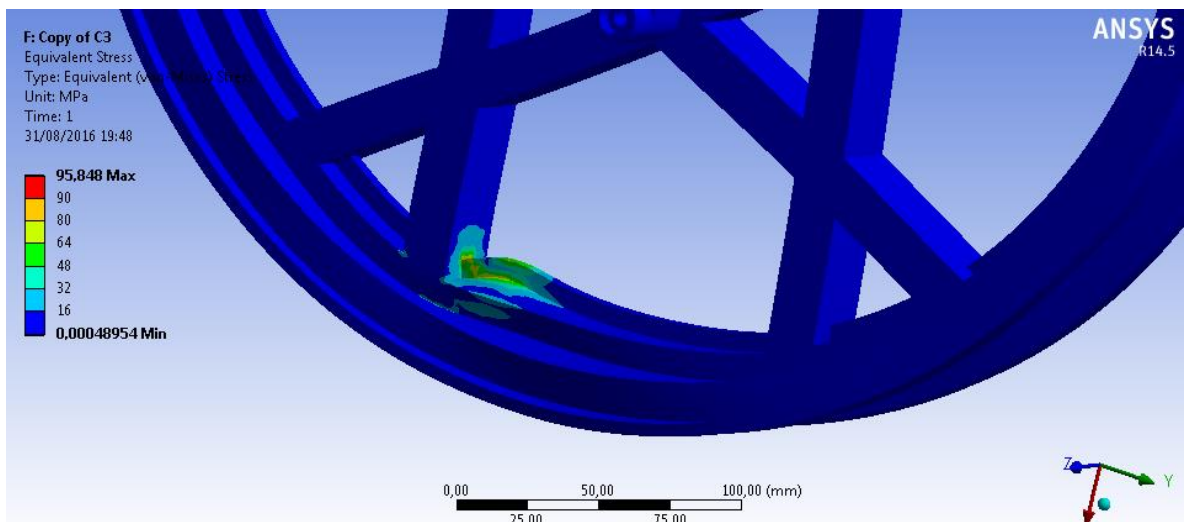


Figura C.20. Tensión del diseño descartado “c.3” en simulación secundaria. Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura C.20): 72 MPa (Entre 64-80)

C.5. Diseño seleccionado “a”

En la Figura C.21 se muestran las vistas isométrica, frontal y trasera del diseño seleccionado “a”. La masa calculada es 4304,24 gramos.

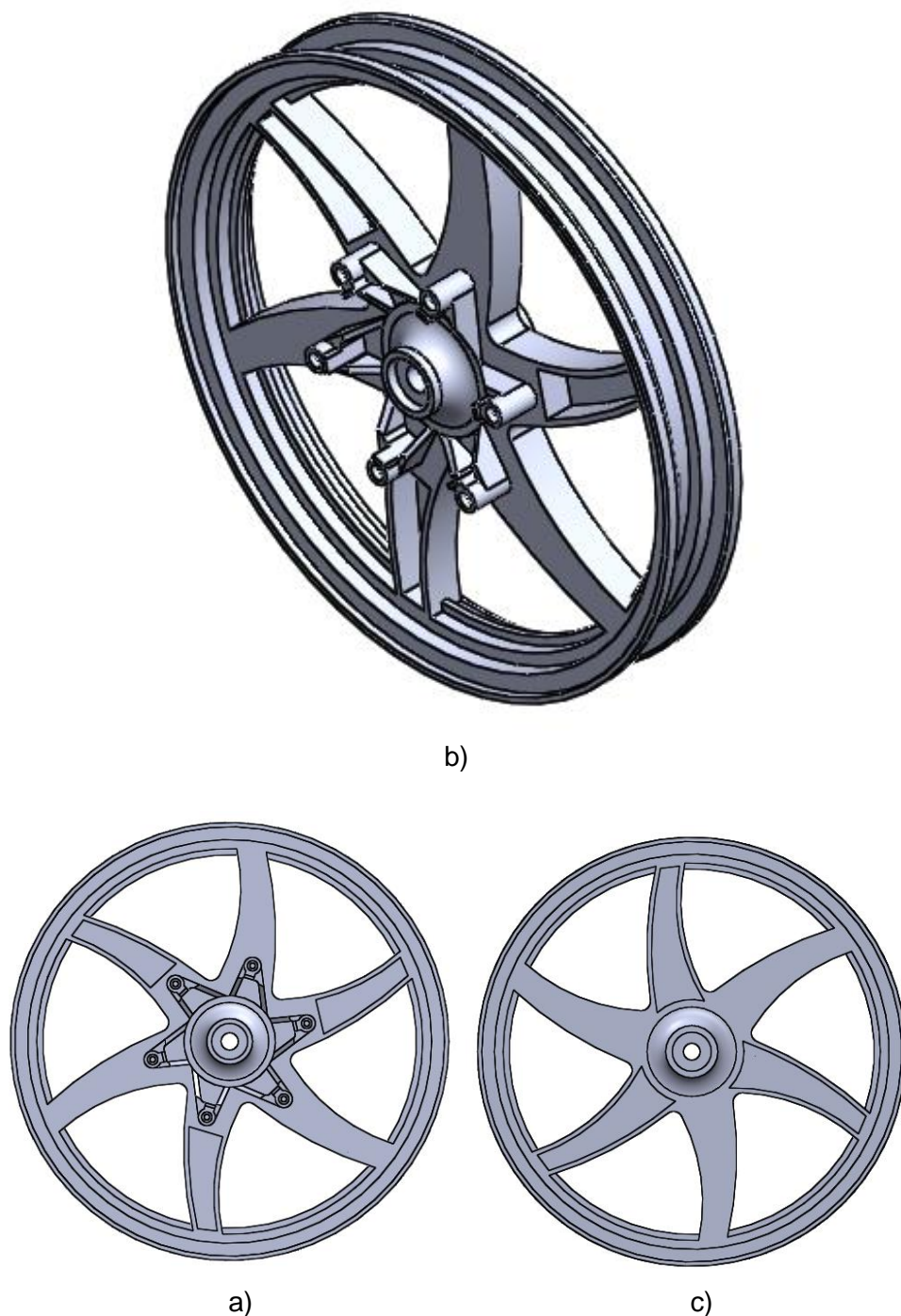


Figura C.21. Diseño A.1 a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera. Fuente: Propia.

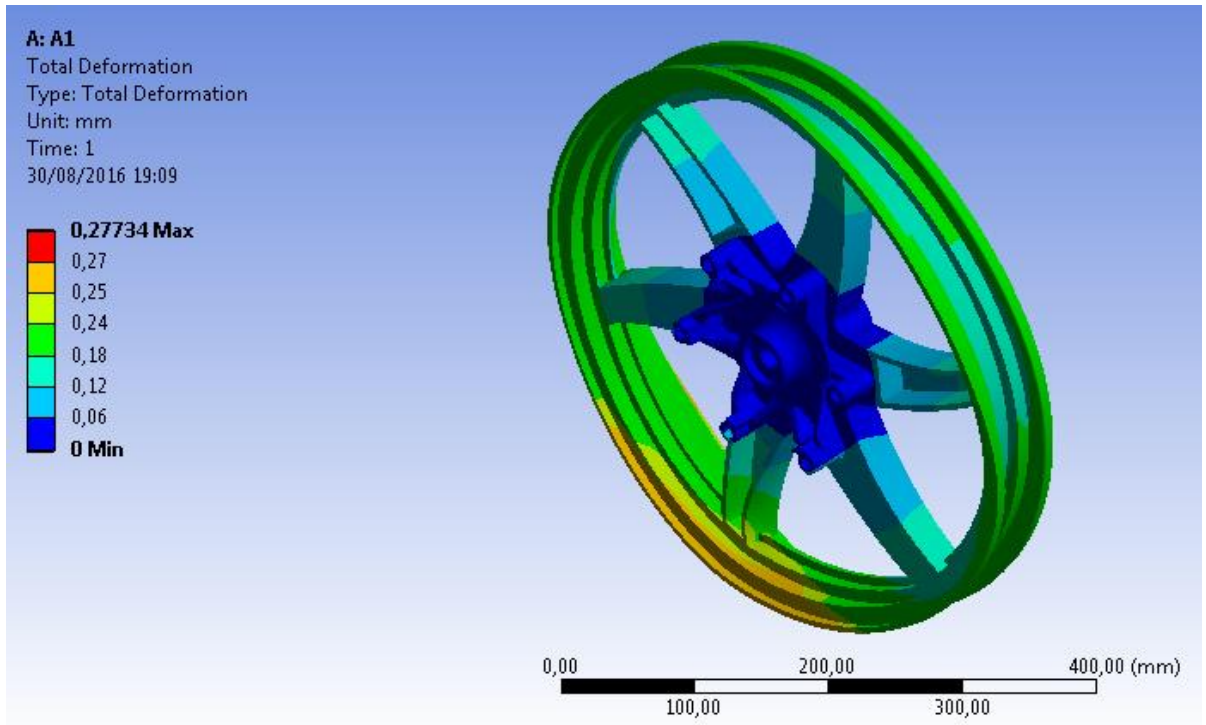


Figura C.22. Deformación del diseño seleccionado “a” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura C.22): 0,245 mm (Entre 0,24-0,25)

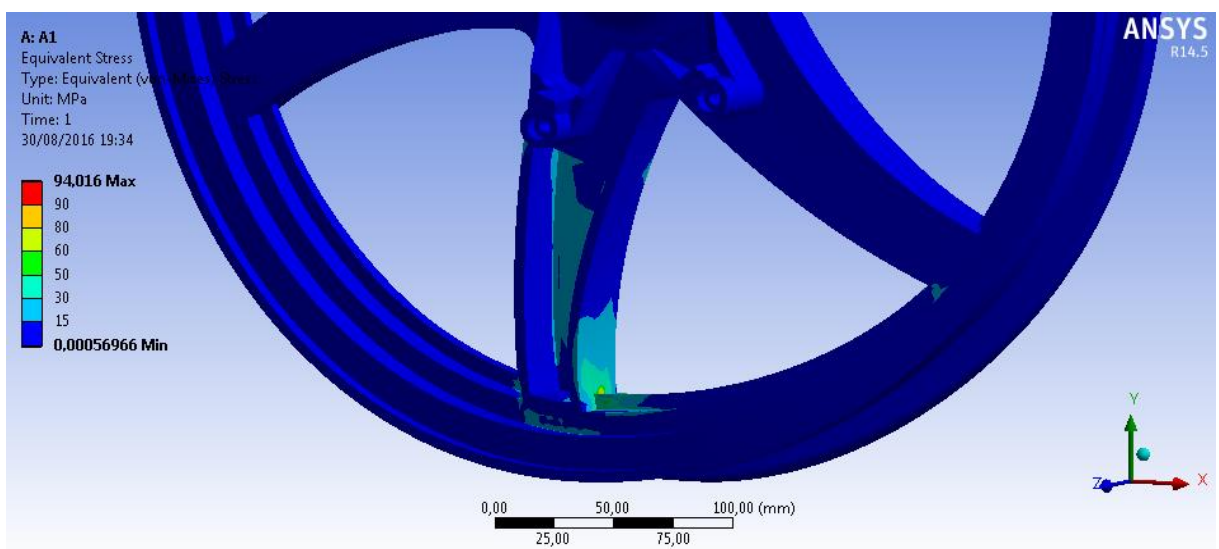


Figura C.23. Tensión del diseño seleccionado “a” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura C.23): 70 MPa (Entre 60-80)

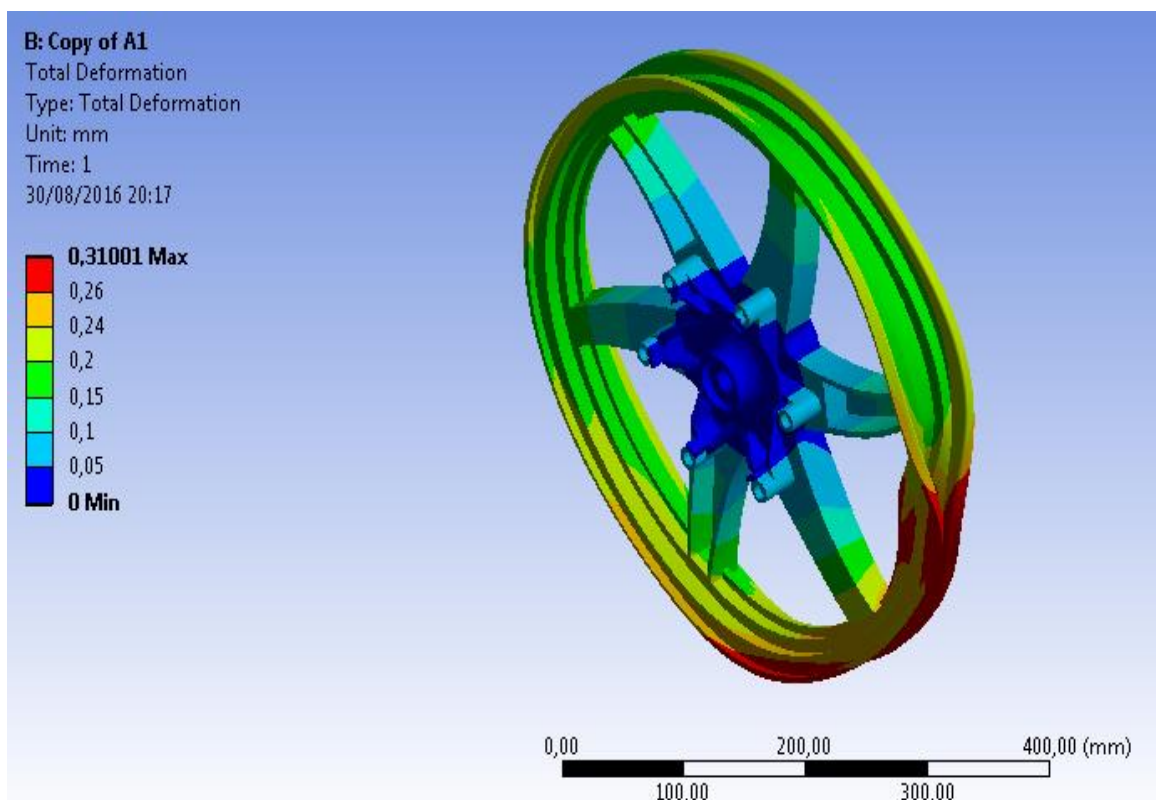


Figura C.24. Deformación del diseño seleccionado “a” en simulación secundaria. Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura C.24): 0,25 mm (Entre 0,24-0,26)

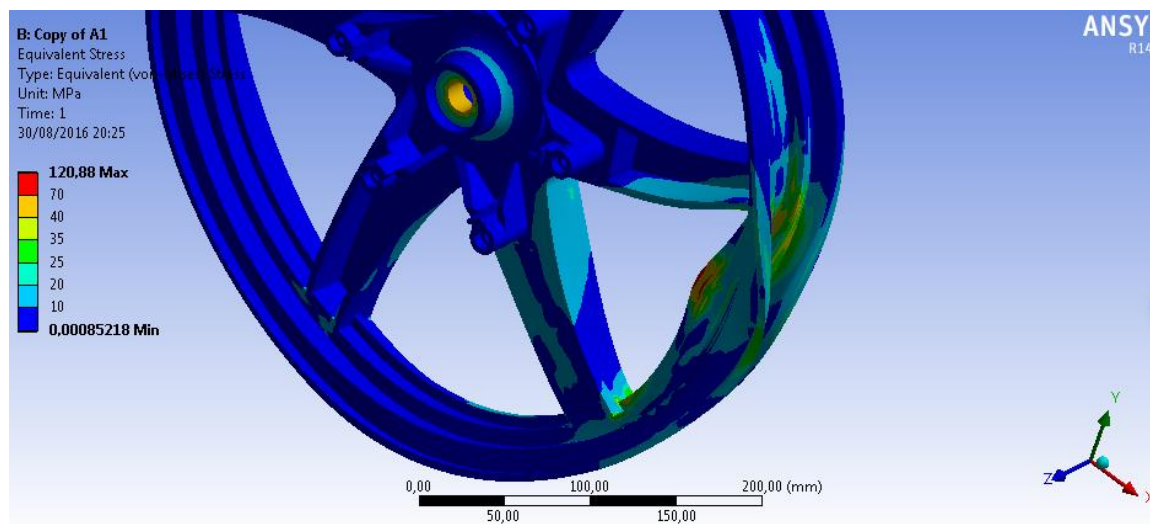


Figura C.25. Tensión del diseño seleccionado “a” en simulación secundaria. Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura C.25): 37,5 MPa (Entre 35-40)

D.Geometria y resultados de los modelos simulados en la segunda etapa de rediseño.

En este apartado se presentan los diferentes diseños intermedios de la segunda etapa de rediseño. Siguiendo la estructura del capítulo C, se muestran las perspectivas isométrica, frontal y trasera de cada uno. Se indica también los resultados de las simulaciones y la masa de cada solido calculada por el programa Solidworks.

D.1. Diseño intermedio “a.1”

En la Figura D.1 se muestran las vistas isométrica, frontal y trasera del diseño intermedio “a.1”. La masa calculada es 4054,88 gramos.



Figura D.1. Diseño intermedio “a.1” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera.

Fuente: Propia.

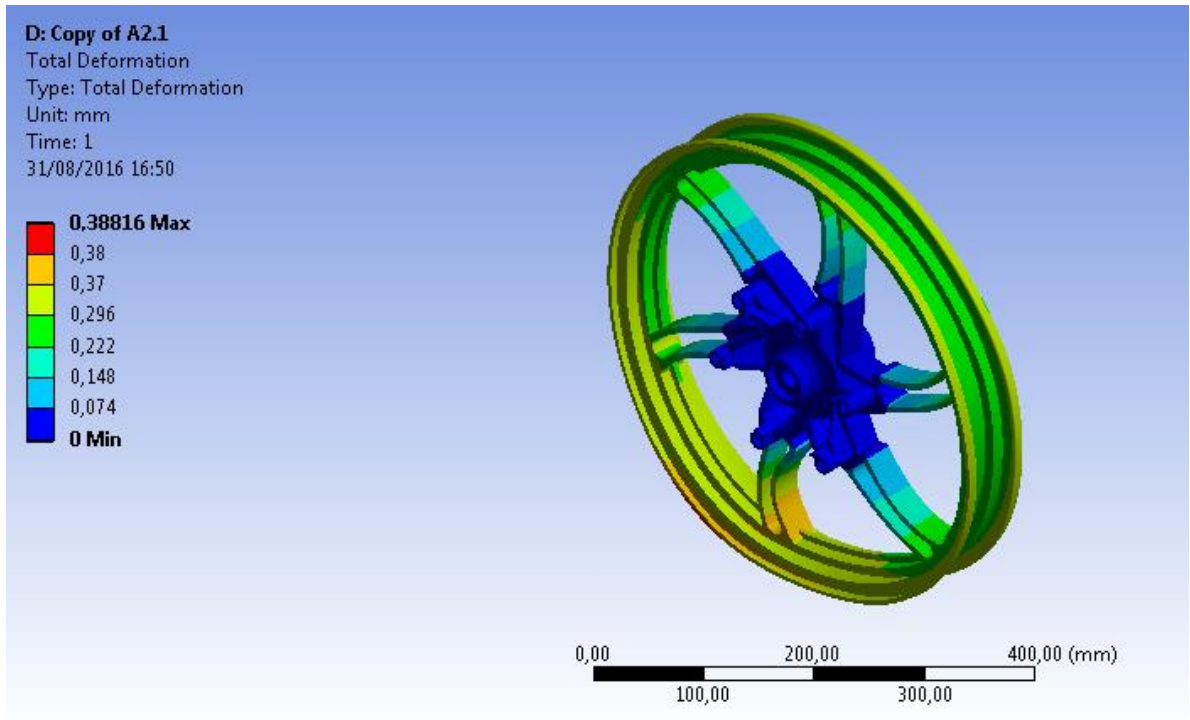


Figura D.2. Deformación del diseño intermedio “a.1” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura D.2): 0,375mm (Entre 0,37-0,38)

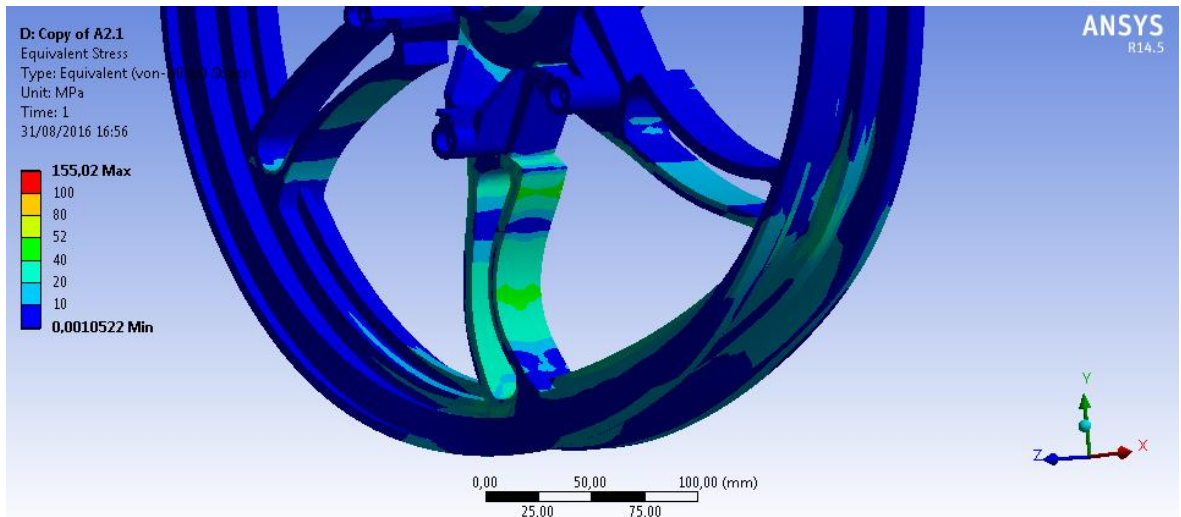


Figura D.3. Tensión del diseño intermedio “a.1” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura D.3): 46 MPa (Entre 40-52)

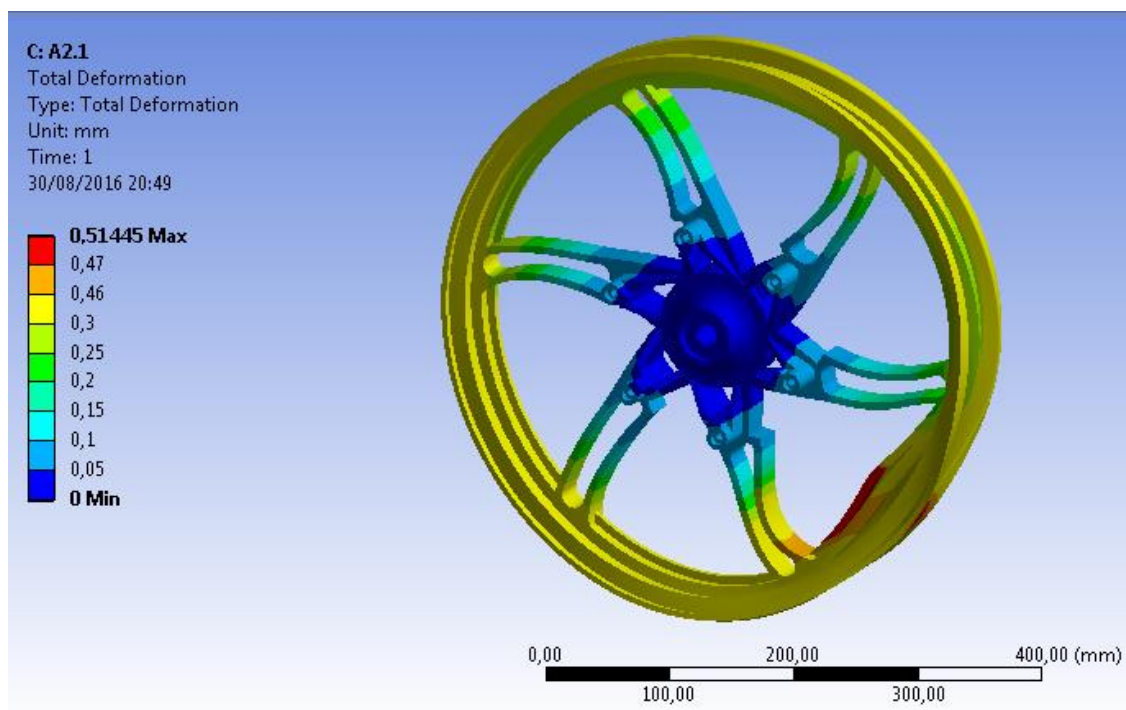


Figura D.4. Deformación del diseño intermedio “a.1” en simulación secundaria.

Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura D.4): 0,465 mm (Entre 0,46-0,47)

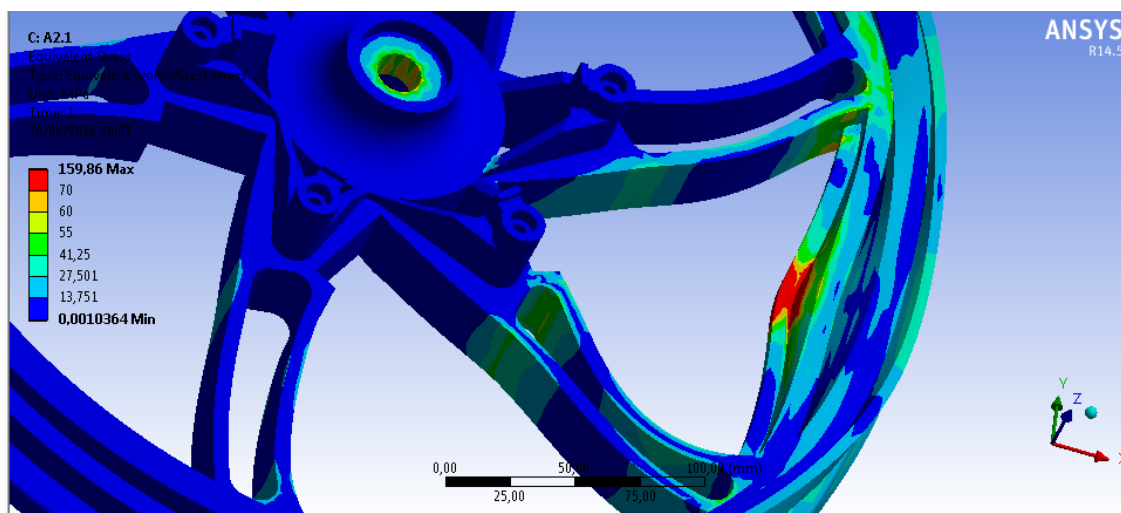


Figura D.5. Tensión del diseño intermedio “a.1” en simulación secundaria.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura D.5): 65 MPa (Entre 60-70)

D.2. Diseño intermedio “a.2”

En la Figura D.6 se muestran las vistas isométrica, frontal y trasera del diseño intermedio “a.2”. La masa calculada es $Masa = 4425,87$ gramos.

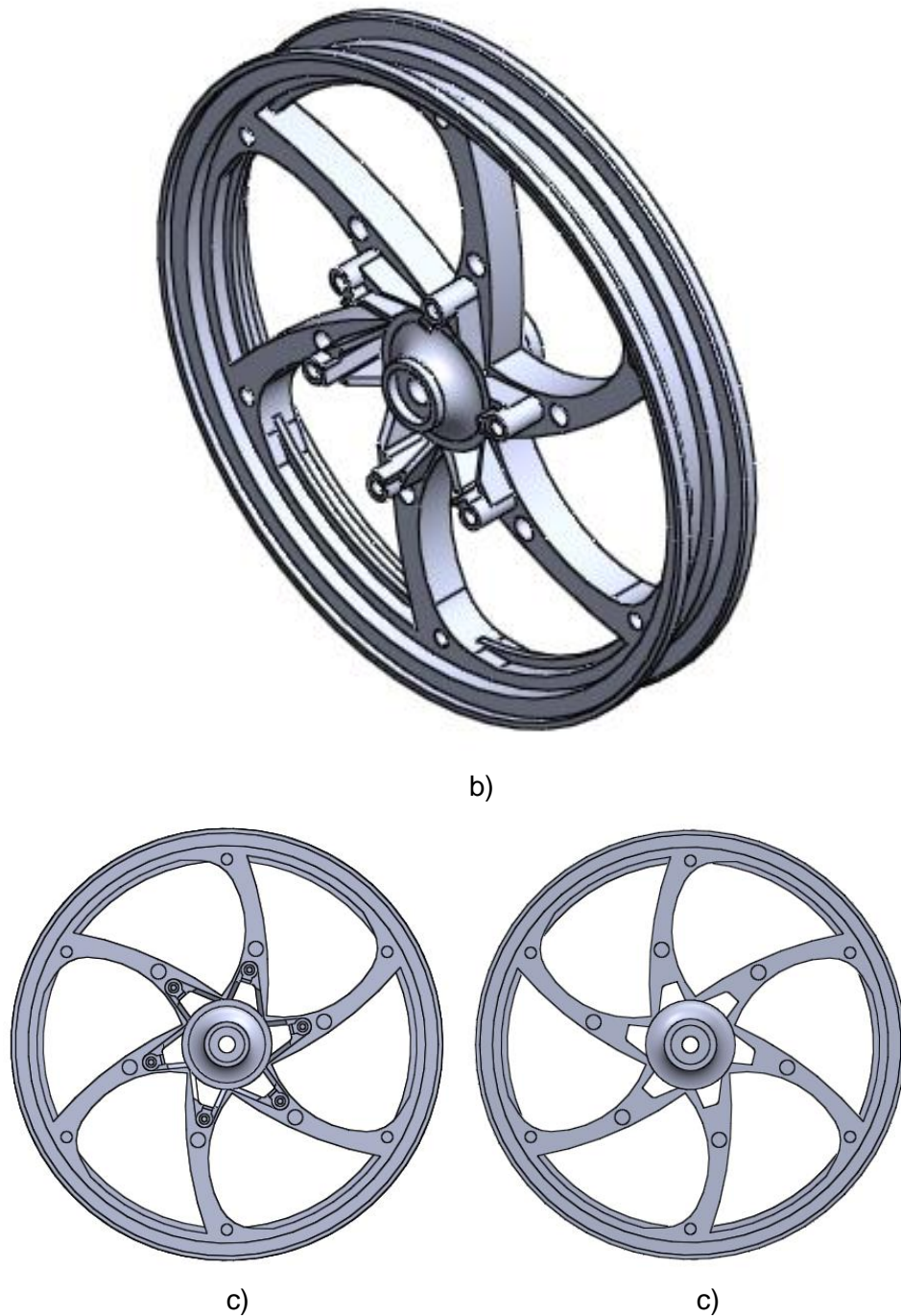


Figura D.6. Diseño intermedio “a.2” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera.
Fuente: Propia.

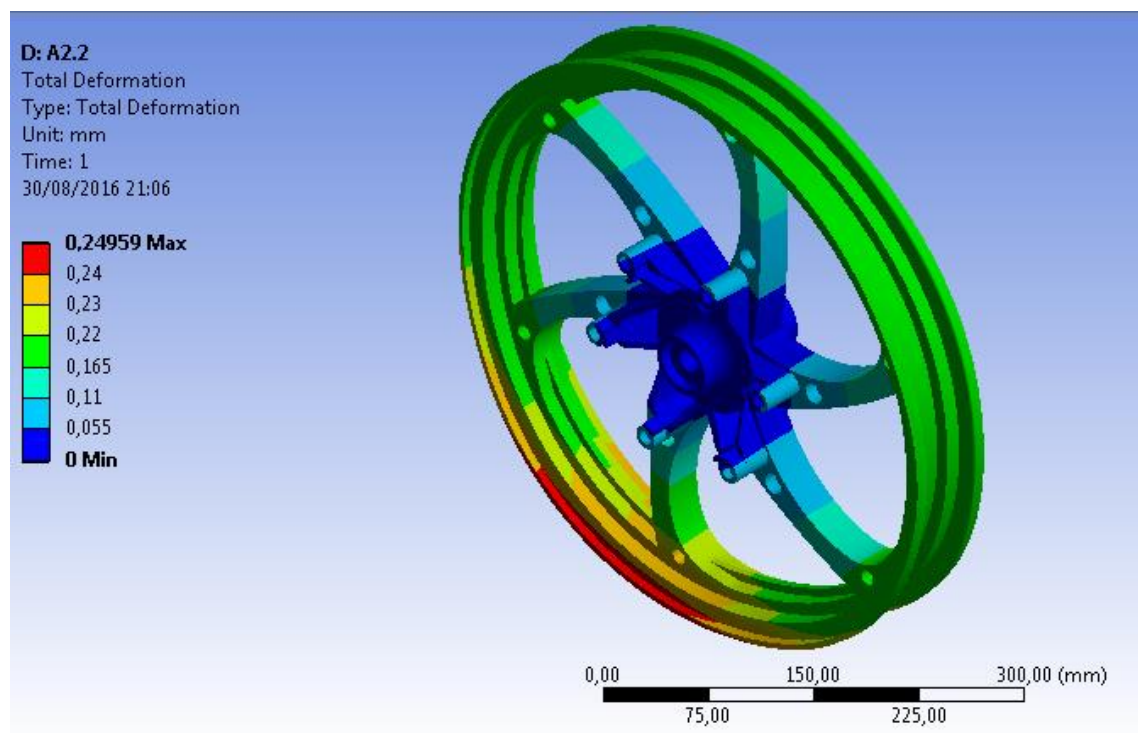


Figura D.7. Deformación del diseño intermedio “a.2” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura D.7): 0,465 mm (Entre 0,46-0,47)

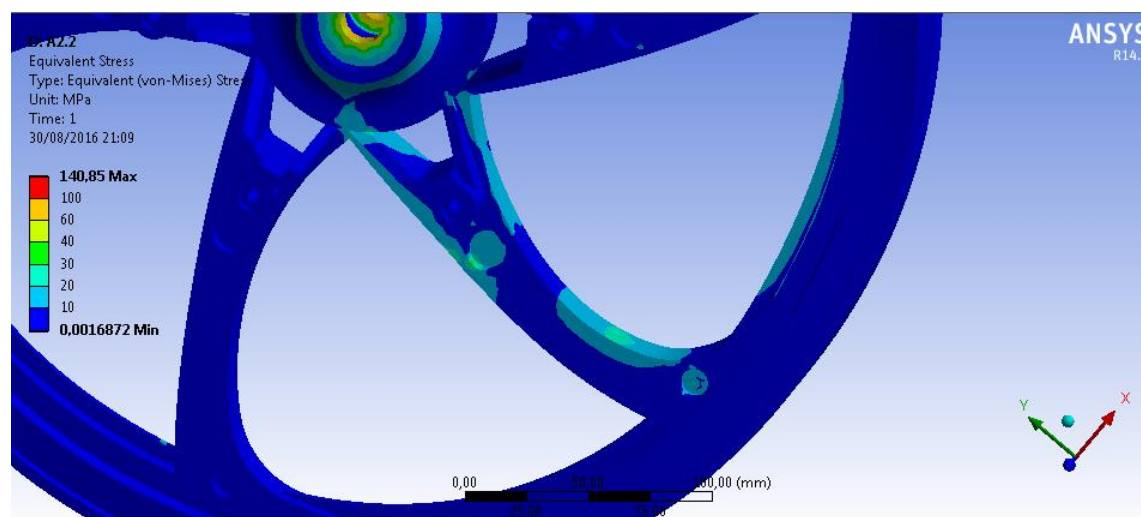


Figura D.8. Tensión del diseño intermedio “a.2” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura D.8): 25 MPa (Entre 20-30)

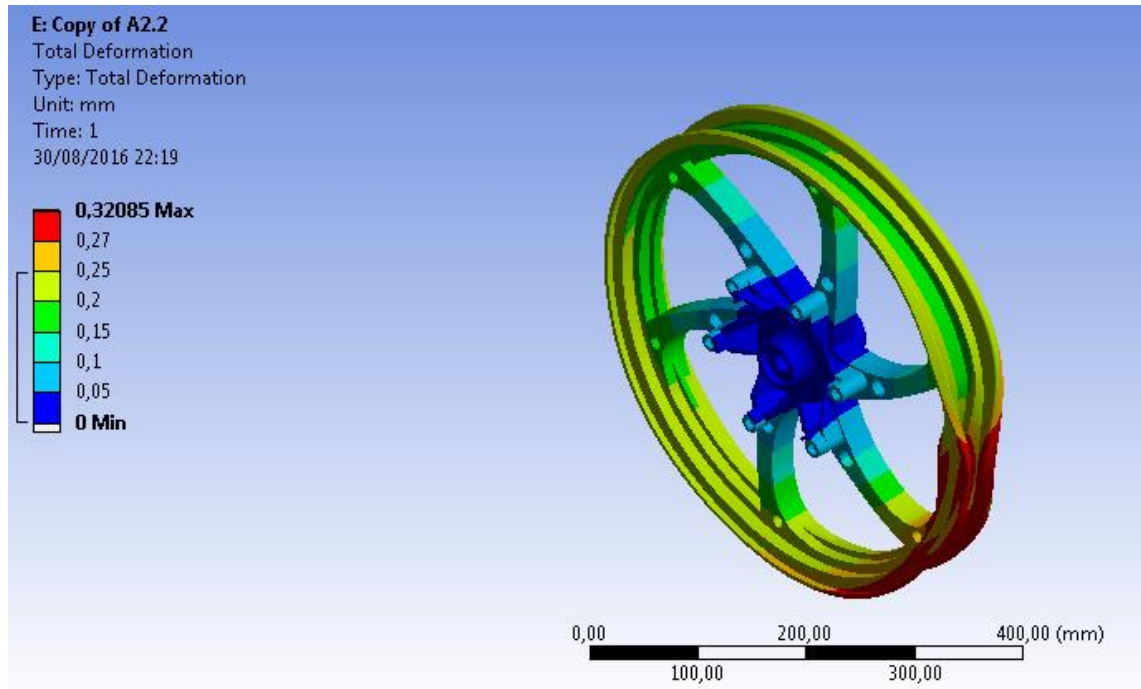


Figura D.9. Deformación del diseño intermedio “a.2” en simulación secundaria. Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura D.9): 0,26 mm (Entre 0,25-0,27)

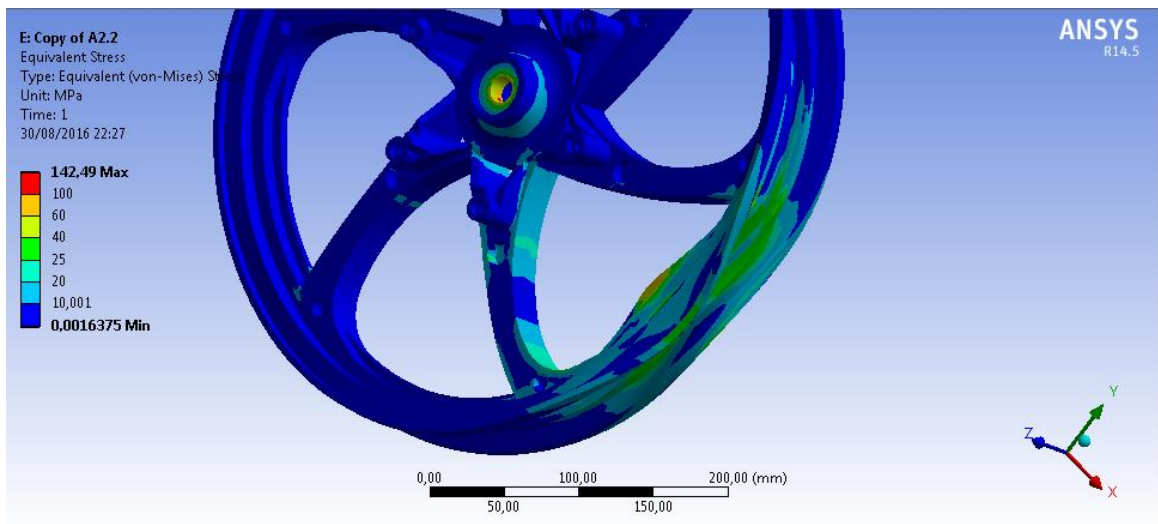


Figura D.10. Tensión del diseño intermedio “a.2” en simulación secundaria. Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura D.10): 22,5 MPa (Entre 20-25)

D.3. Diseño intermedio “a.3”

En la Figura D.11 se muestran las vistas isométrica, frontal y trasera del diseño intermedio “a.3” La masa calculada es $Masa = 3856,89$ gramos.

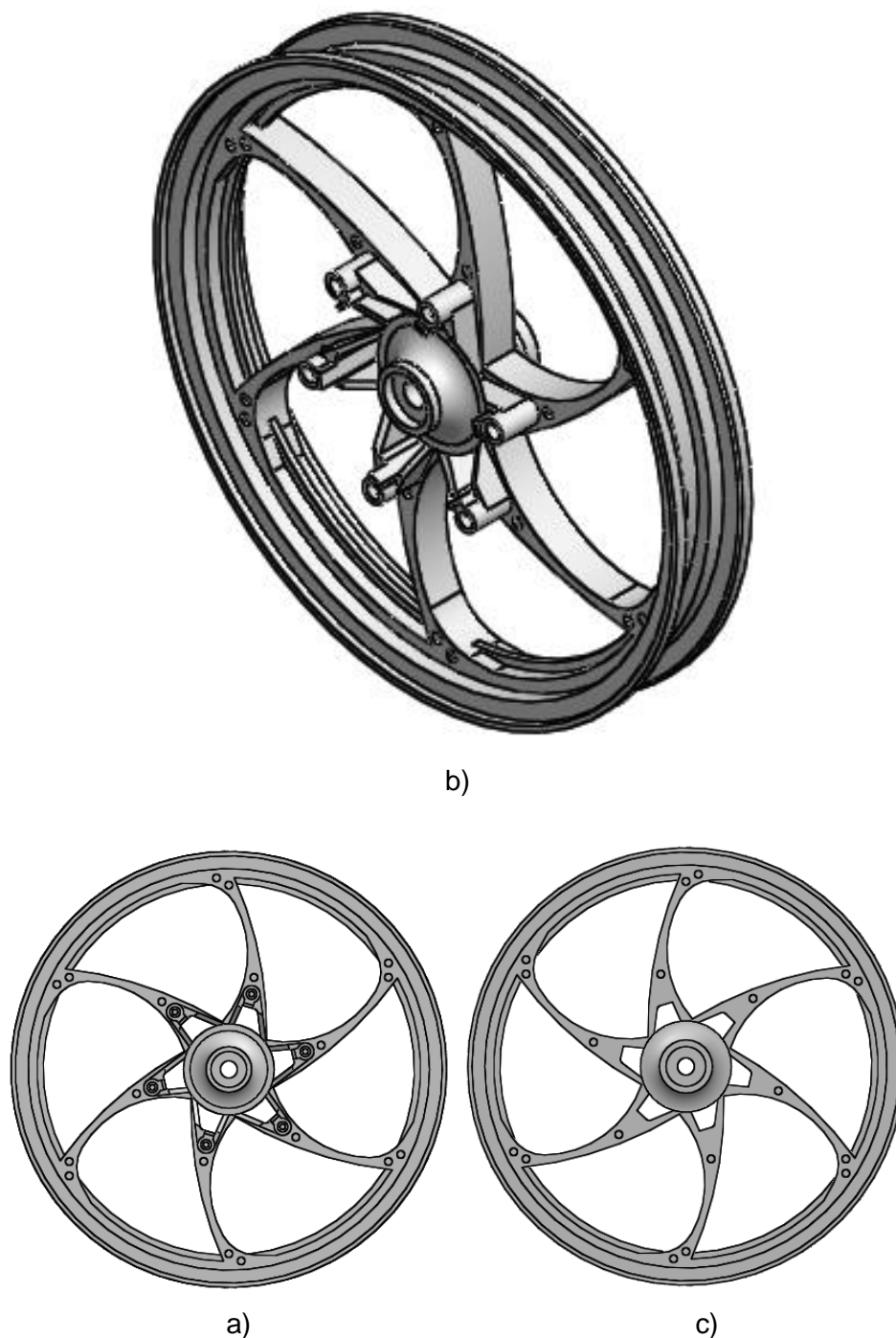


Figura D.11. Diseño intermedio “a.3” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera.
Fuente: Propia.

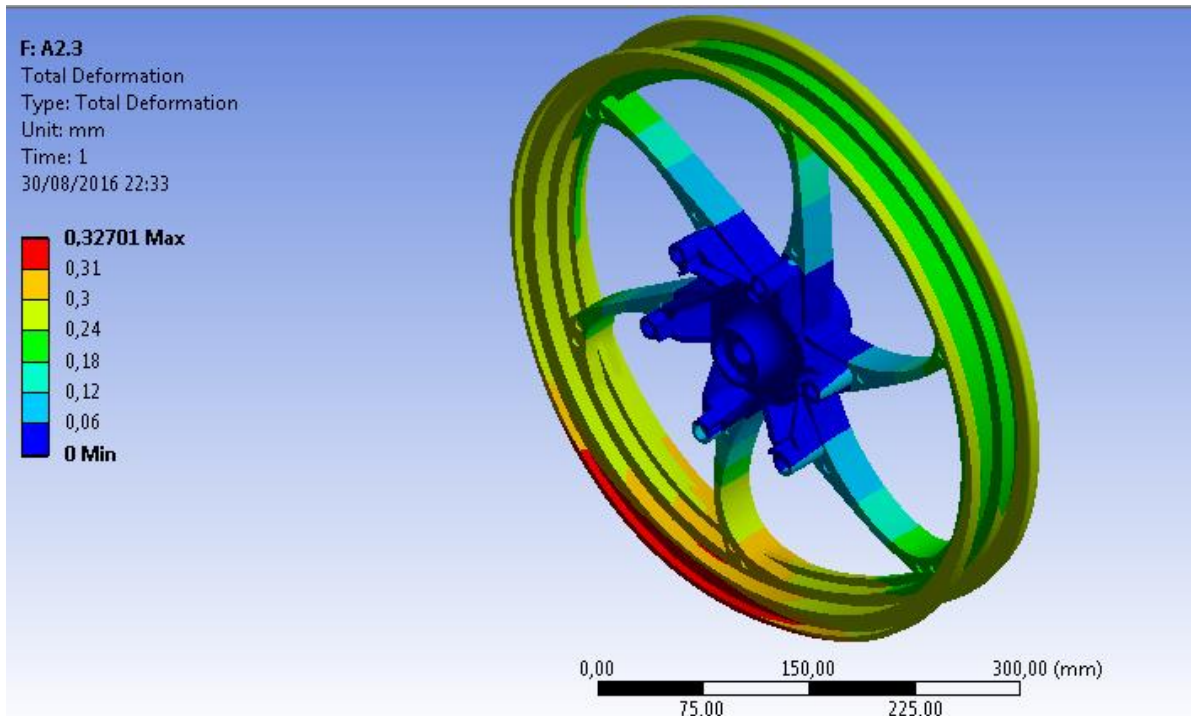


Figura D.12. Deformación del diseño intermedio “a.3” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura D.12): 0,305 mm (Entre 0,3-0,31)

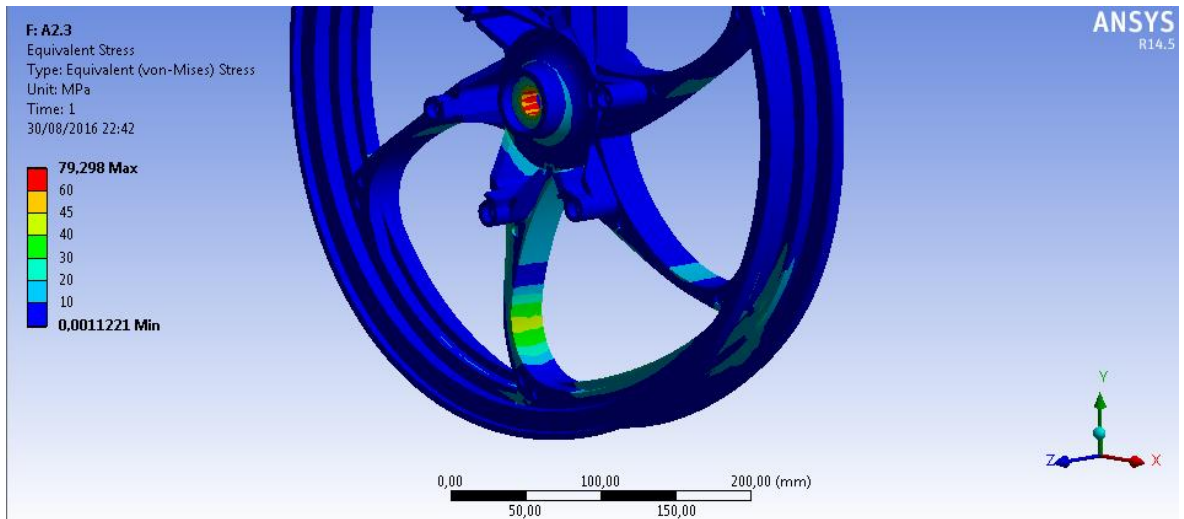


Figura D.13. Tensión del diseño intermedio “a.3” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura D.13): 42,5 MPa (Entre 40-45)

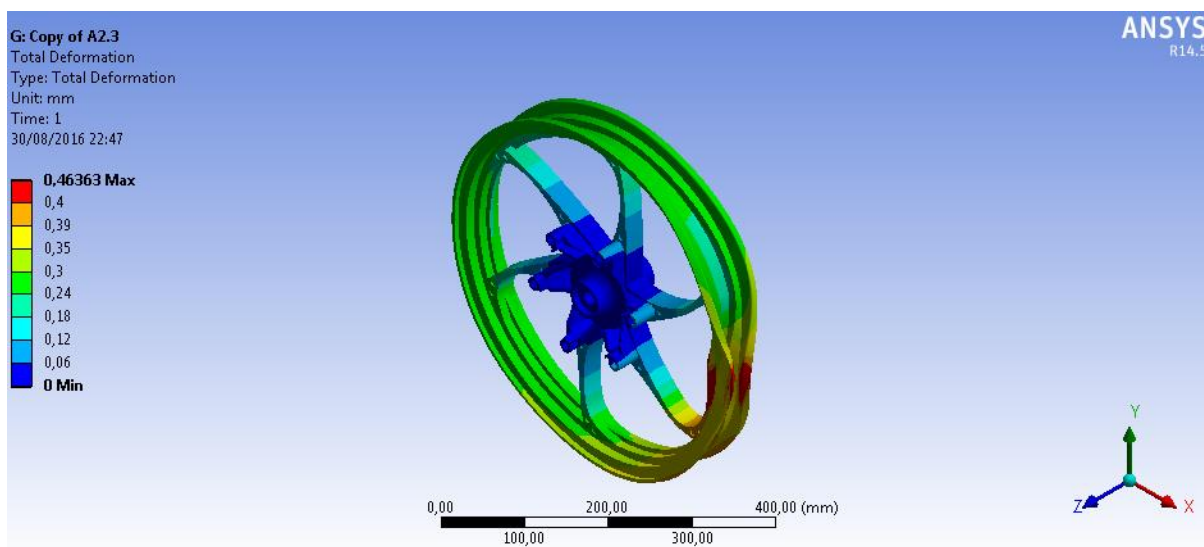


Figura D.14. Deformación del diseño intermedio “a.3” en simulación secundaria. Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura D.14): 0,395 mm (Entre 0,39-0,4)

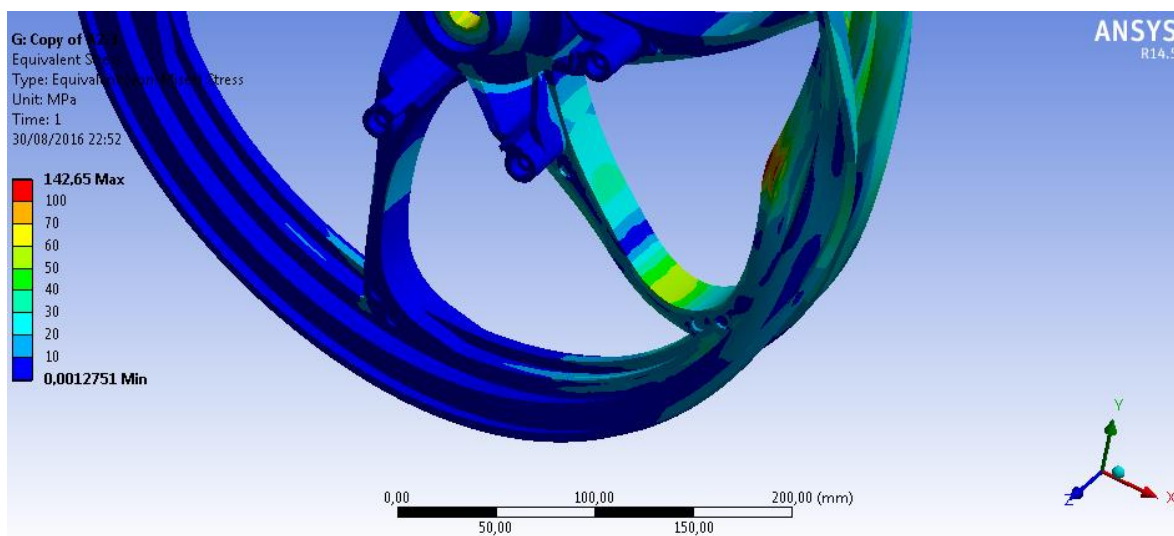


Figura D.15. Tensión del diseño intermedio “a.3” en simulación secundaria. Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura D.15): 65 MPa (Entre 60-70)

D.4. Diseño optimizado “a.4”

En la Figura D.16 se muestran las vistas isométrica, frontal y trasera del diseño optimizado “a.4”. La masa calculada es 3891,57 gramos.

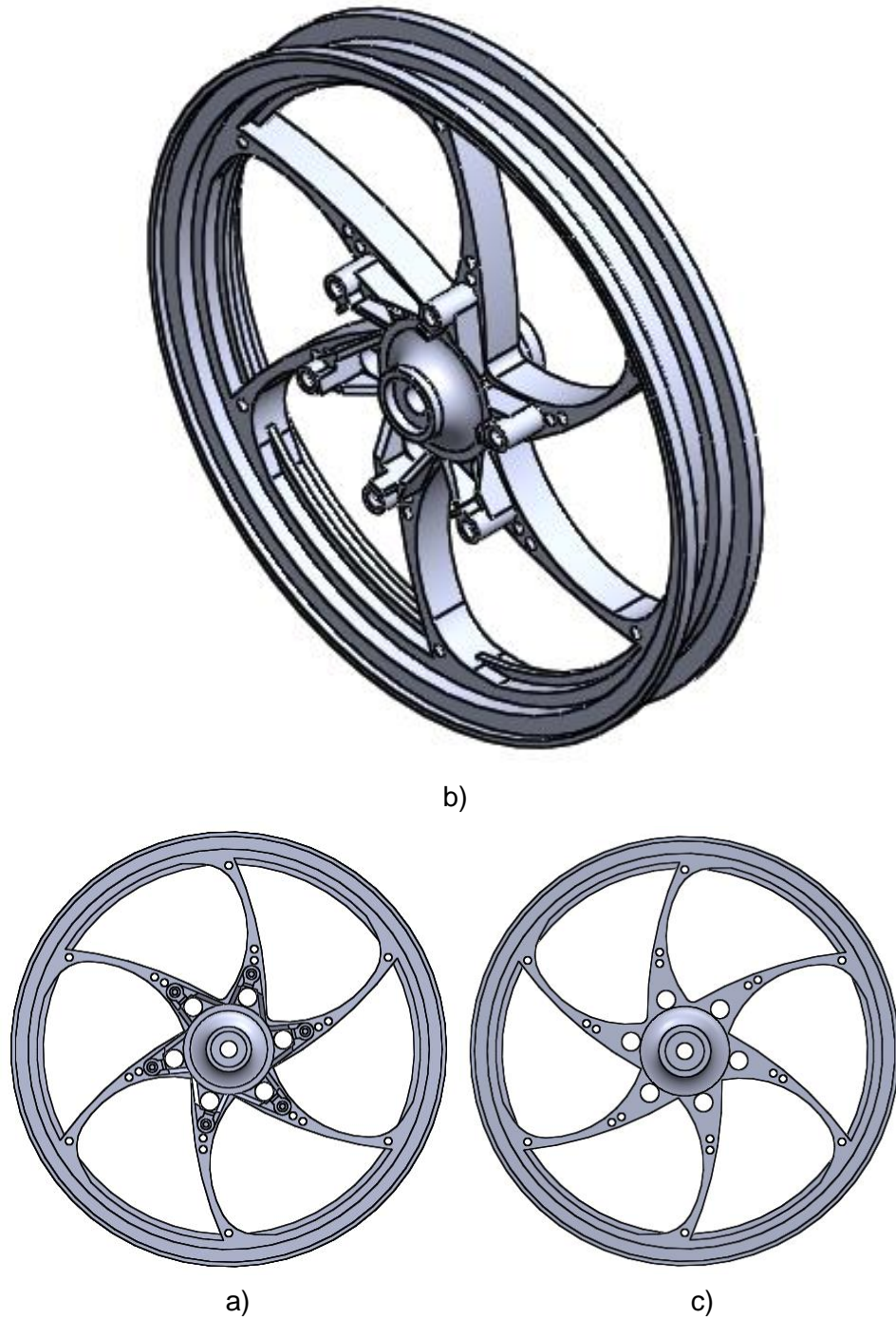


Figura D.16. Diseño optimizado “a.4” a) Vista frontal. b) Vista isométrica. c) Vista trasera.
Fuente: Propia.

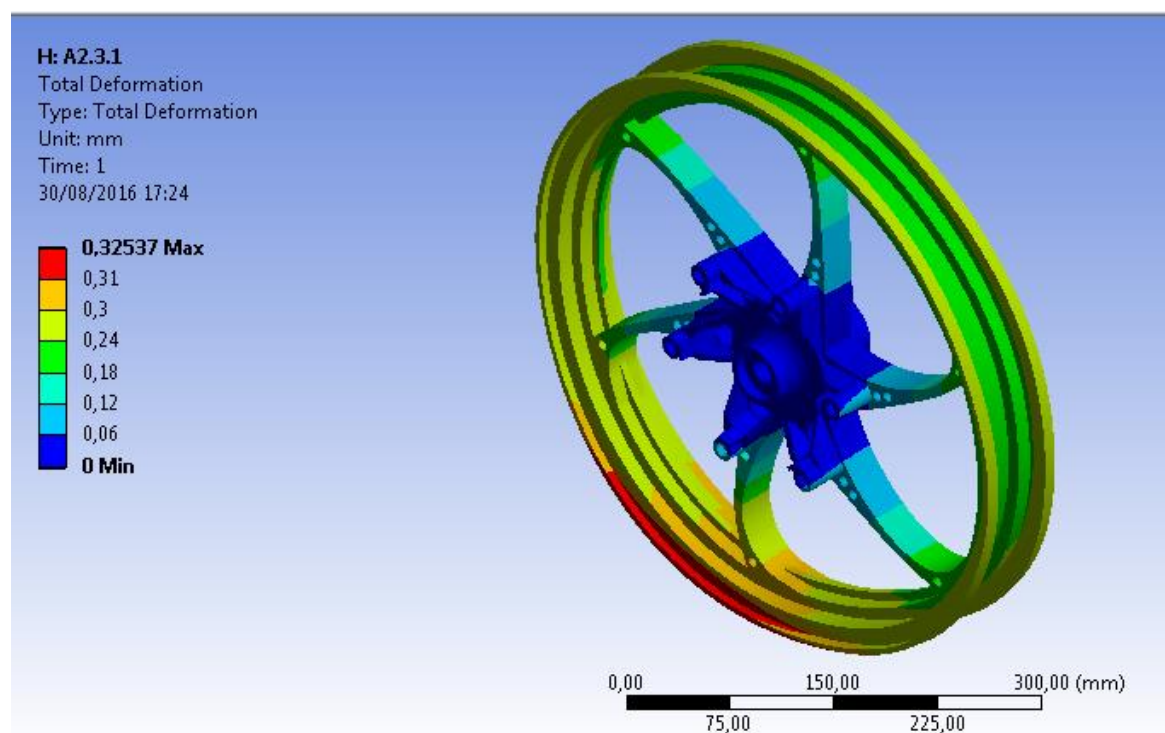


Figura D.17. Deformación del diseño optimizado “a.4” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura D.17): 0,305 mm (Entre 0,3-0,31)

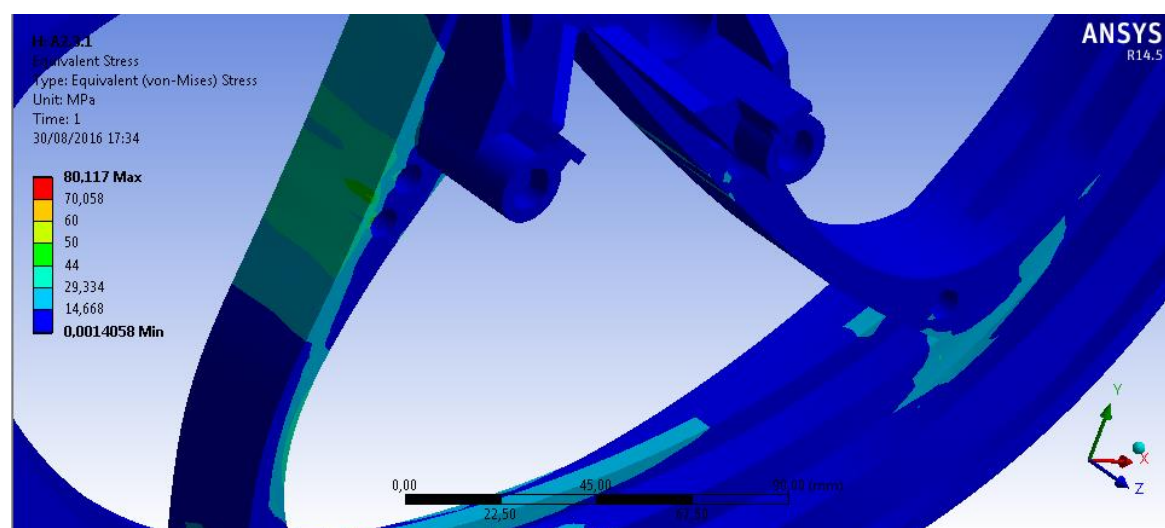


Figura D.18. Tensión del diseño optimizado “a.4” en simulación general.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura D.18): 47 MPa (Entre 44-50)

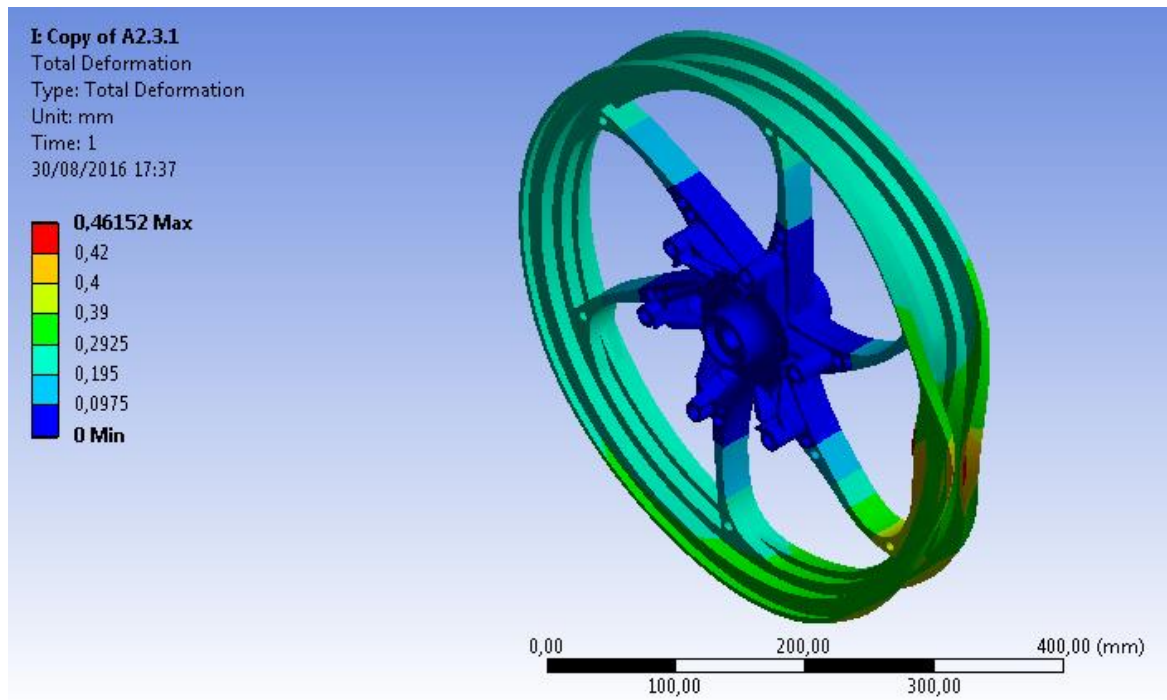


Figura D.19. Deformación del diseño optimizado “a.4” en la simulación secundaria. Fuente: Propia.

- Deformación máxima en el radio (Figura D.19): 0,395 mm (Entre 0,39-0,4)

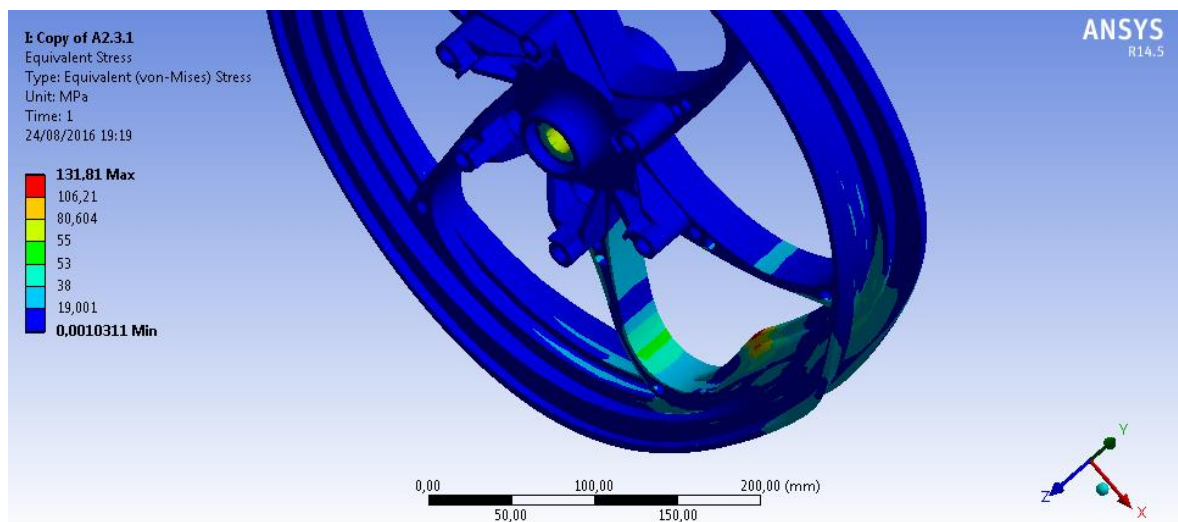


Figura D.20. Tensión del diseño optimizado “a.4” en simulación secundaria. Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura D.20): 54 MPa (Entre 53-55)

E. Justificación del mallado y de las fuerzas aplicadas

E.1. Justificación del mallado

E.1.1. Mallado con elementos de tamaño 6 mm

En la Figura E.1 se muestra el mallado de elementos con un tamaño de 6 mm y en la Figura E.2 la tensión en el radio con este mallado.

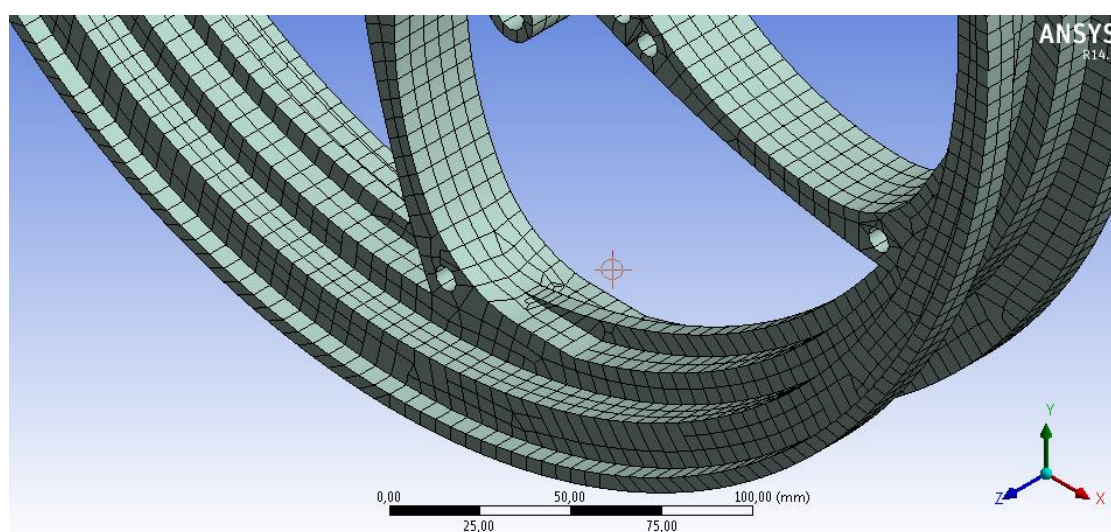


Figura E.1. Mallado de elementos de 6 mm del diseño optimizado “a.4”. Fuente: Propia

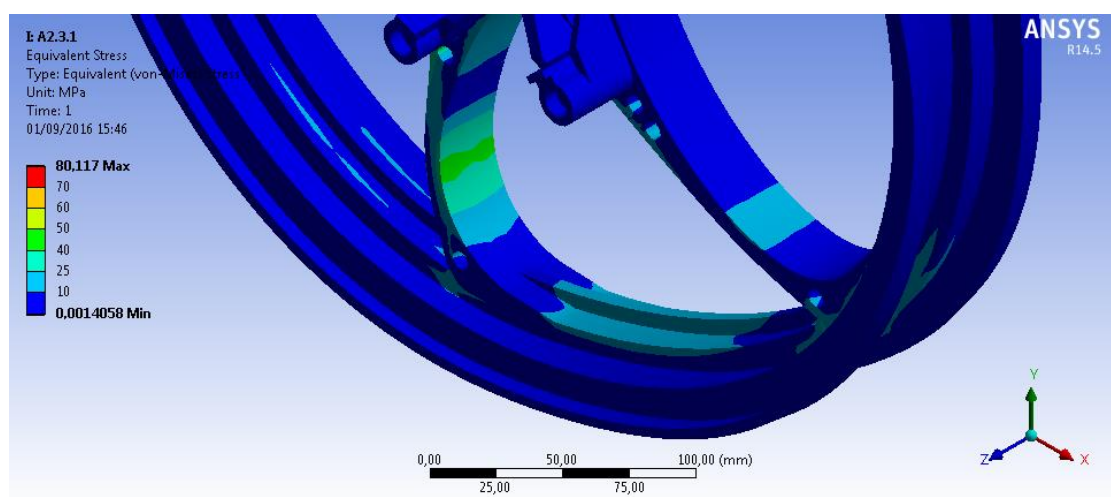


Figura E.2. Tensión del diseño optimizado “a.4” con elementos de 6 mm.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura E.2): 45 MPa (Entre 40-50)

E.1.2. Mallado con elementos de tamaño 4 mm

En la Figura E.3 se muestra el mallado de elementos con un tamaño de 4 mm y en la Figura E.4 tensión en el radio con este mallado.

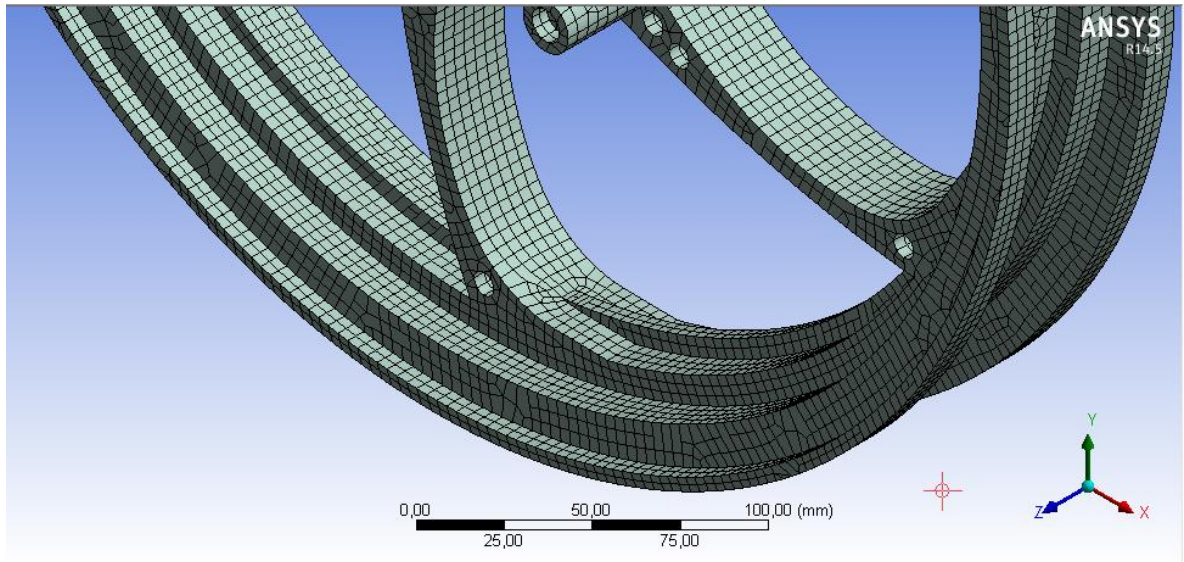


Figura E.3. Mallado de elementos de 4 mm del diseño optimizado “a.4”. Fuente: Propia

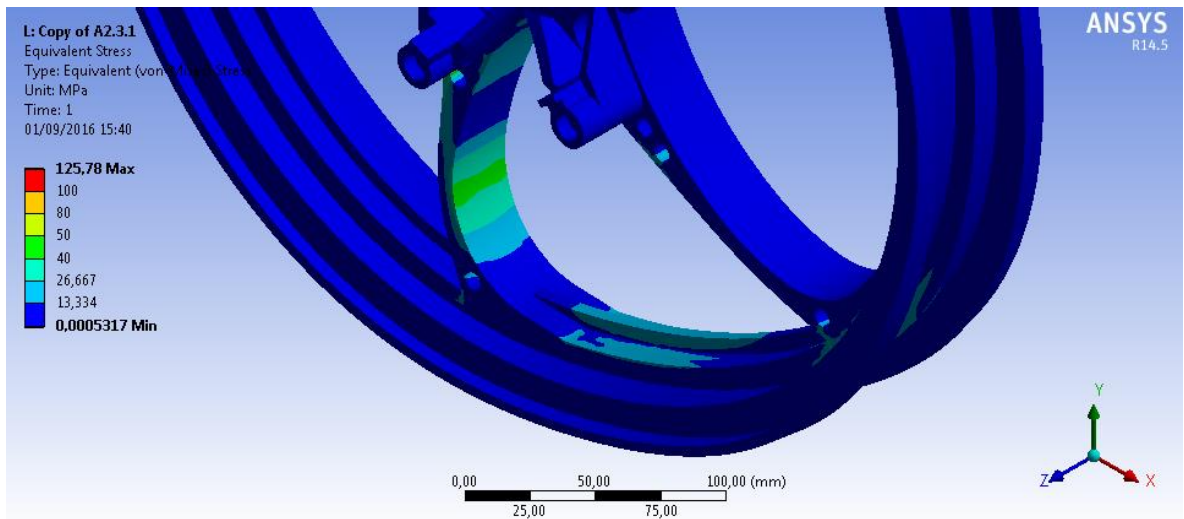


Figura E.4. Tensión del diseño optimizado “a.4” con elementos de 4 mm.
Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura E.4): 45 MPa (Entre 40-50)

E.1.3. Mallado con elementos de tamaño 2 mm

En la Figura E.5 se muestra el mallado de elementos con un tamaño de 2 mm y en la Figura E.6 tensión en el radio con este mallado.

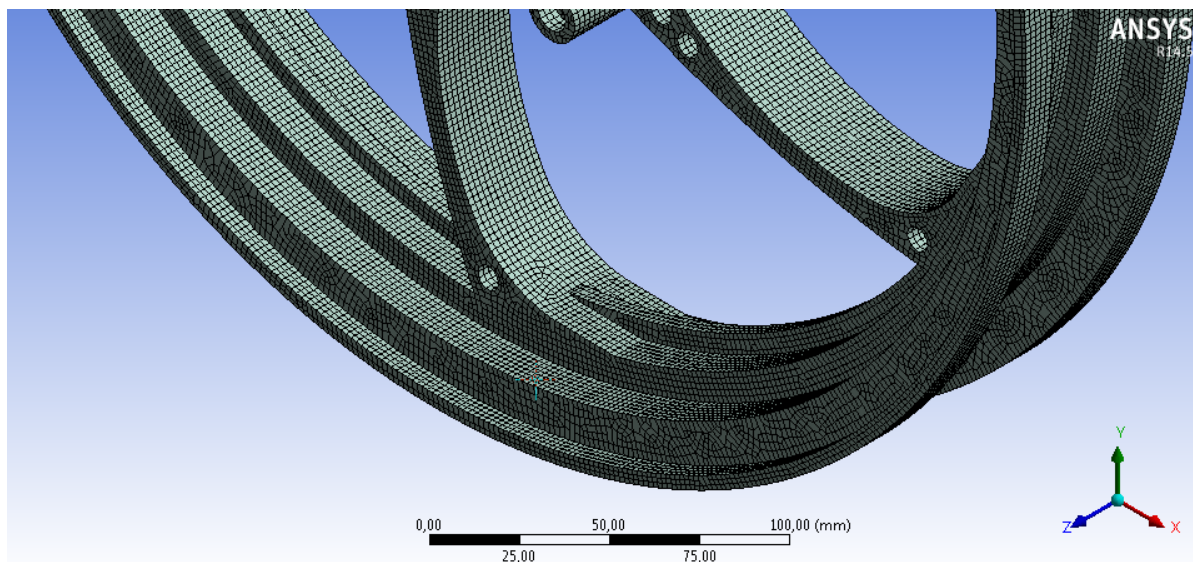


Figura E.5. Mallado de elementos de 2 mm del diseño optimizado “a.4”. Fuente: Propia

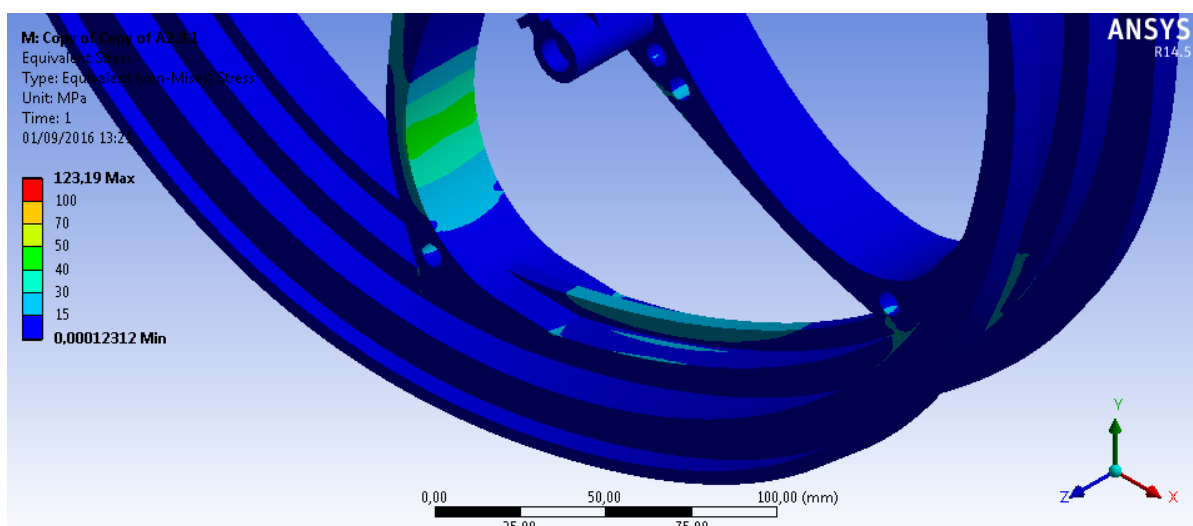


Figura E.6. Tensión del diseño optimizado “a.4” con elementos de 2 mm.

Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura E.6): 45 MPa (Entre 40-50)

E.2. Justificación de las cargas aplicadas

E.2.1. Carga en torreta izquierda

En la *Figura E.7* se muestra el modelo con una carga adicional en la torreta más a la izquierda de la llanta y en la *Figura E.8* se muestran las tensiones de la pieza habiendo añadido a la simulación dicha carga.

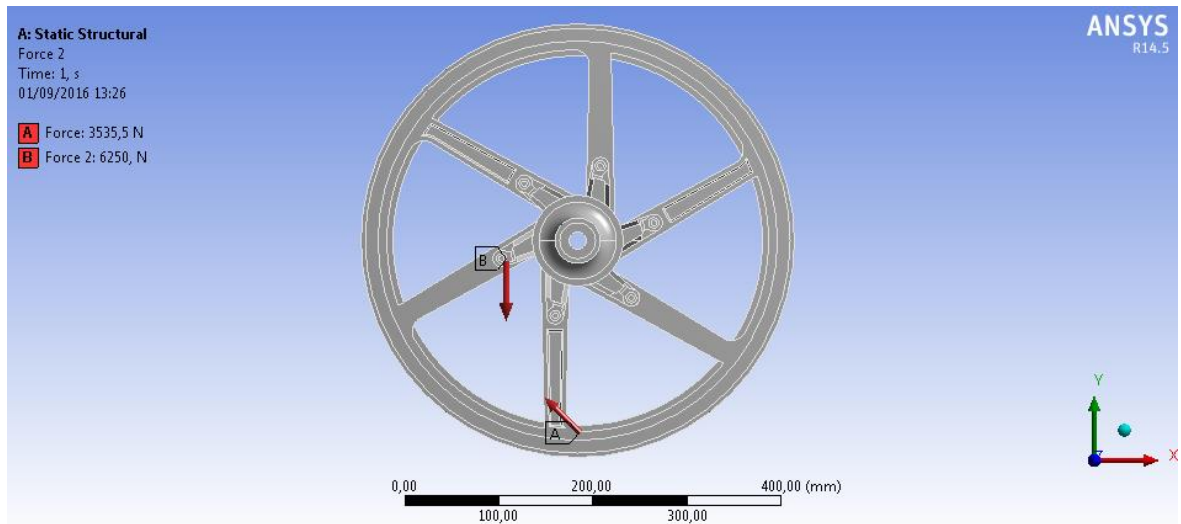


Figura E.7. Adición de carga en torreta izquierda en el diseño original. Fuente: Propia

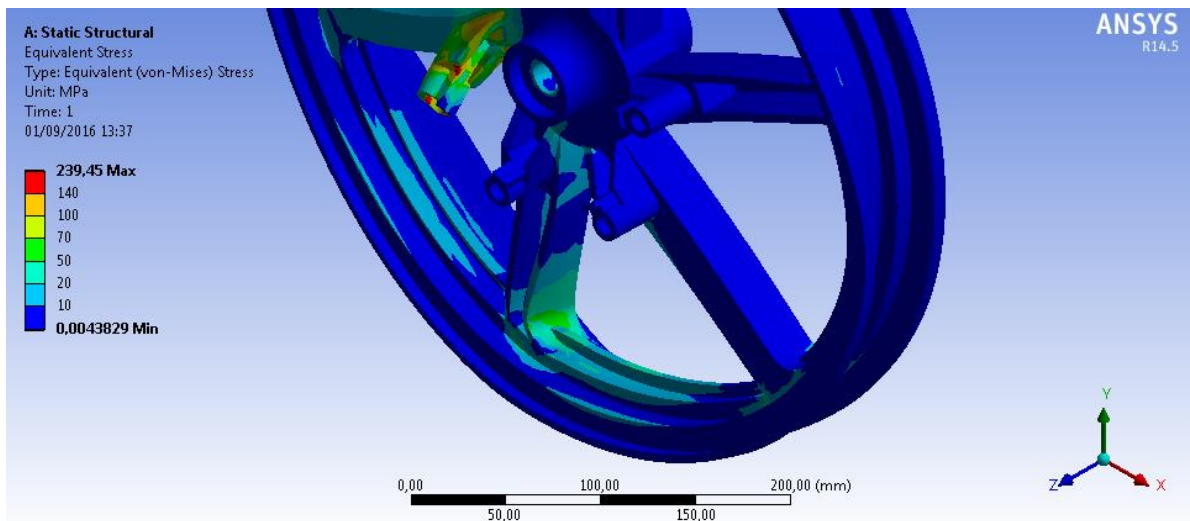


Figura E.8. Tensión del diseño original con carga en torreta izquierda añadida. Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura E.8): 60 MPa (Entre 50-70)

E.2.2. Carga en torreta inferior

En la *Figura E.9* se muestra el modelo con una carga adicional en la torreta inferior de la llanta y en la *Figura E.10* se muestran las tensiones de la pieza habiendo añadido a la simulación dicha carga.

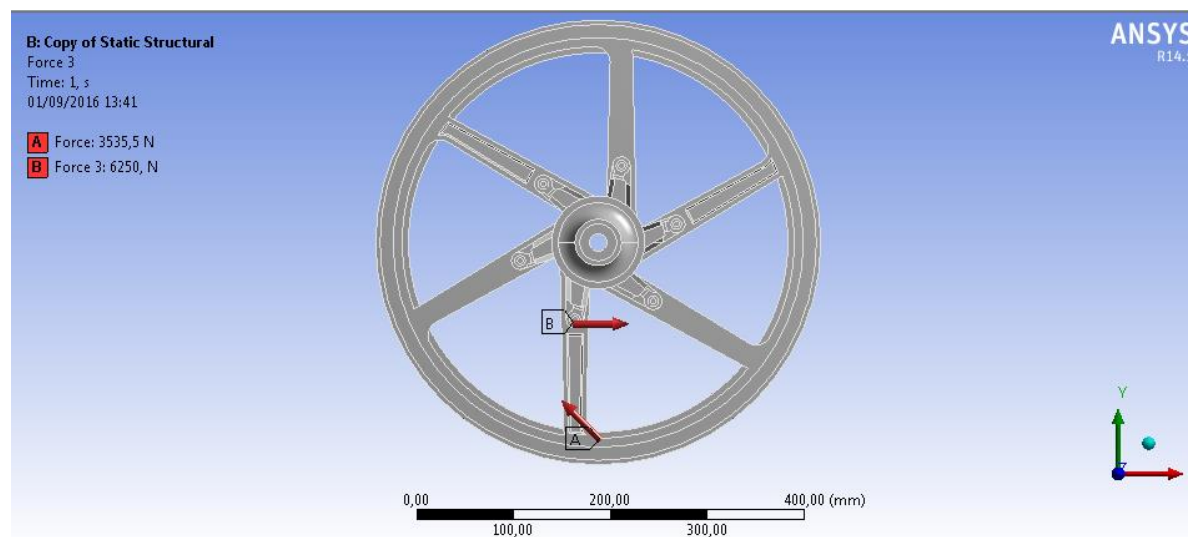


Figura E.9. Adición de carga en torreta inferior en el diseño original. Fuente: Propia

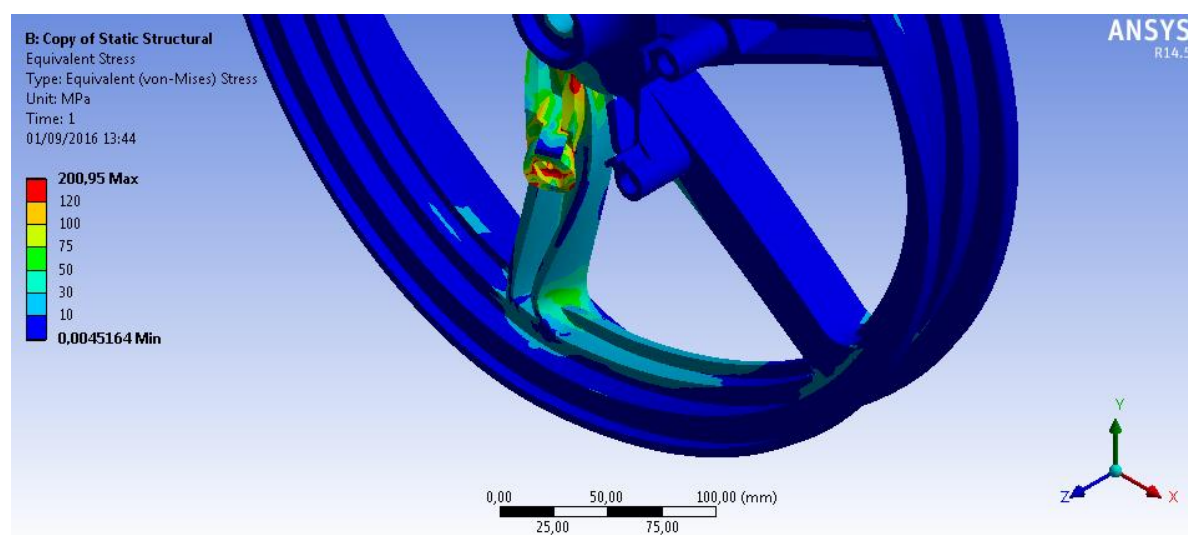


Figura E.10. Tensión del diseño original con carga en torreta inferior añadida. Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura E.10): 62,5 MPa (Entre 50-75)

E.2.3. Carga en torreta superior

En la *Figura E.11* se muestra el modelo con una carga adicional en la torreta superior de la llanta y en la *Figura E.12* se muestran las tensiones de la pieza habiendo añadido a la simulación dicha carga.

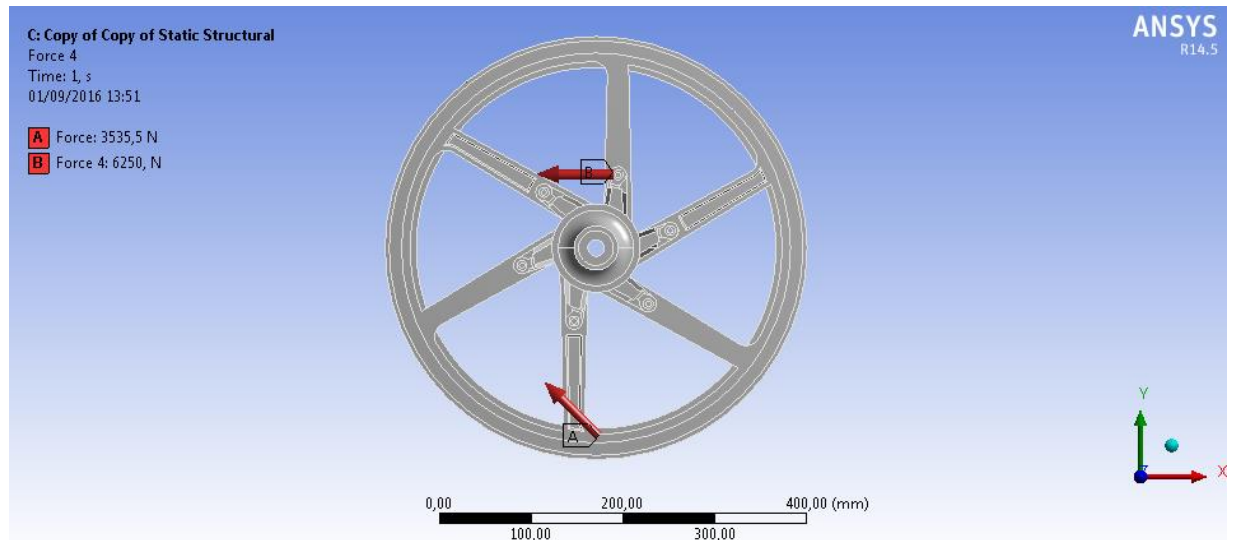


Figura E.11. Adición de carga en torreta superior en el diseño original. Fuente: Propia

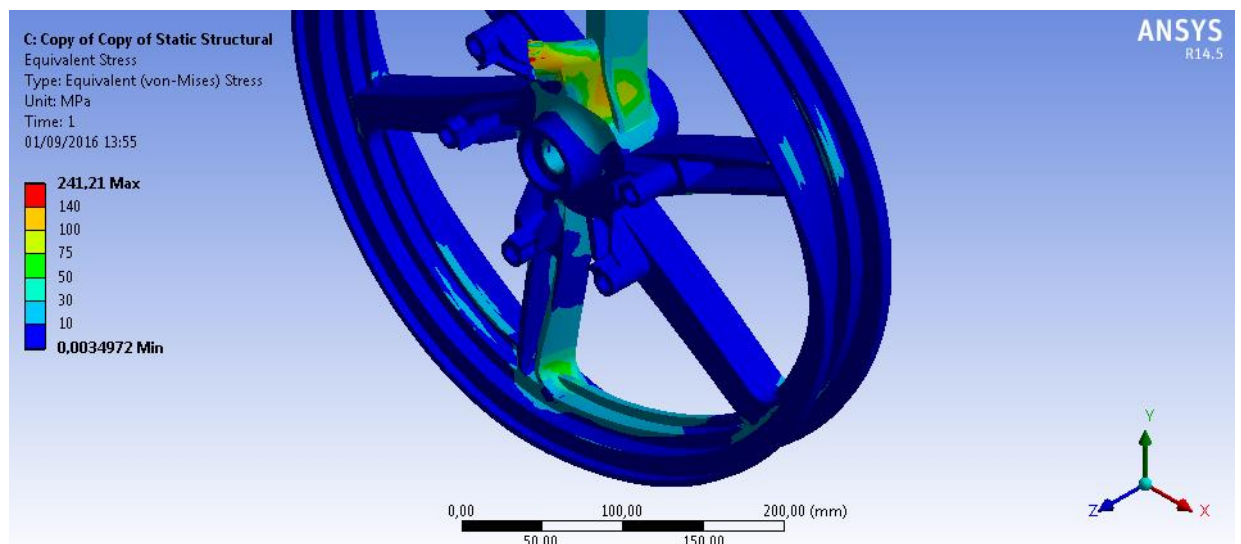
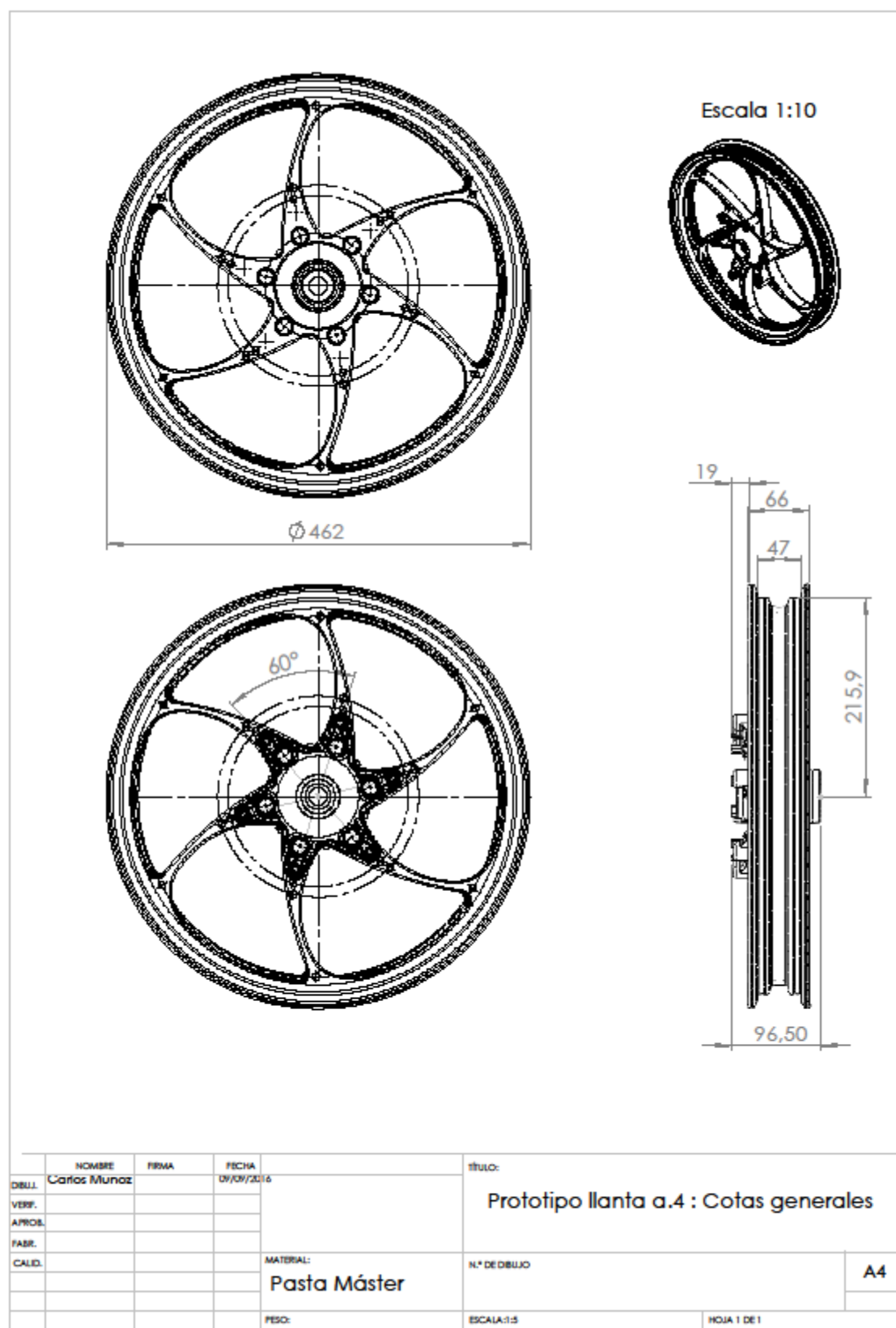
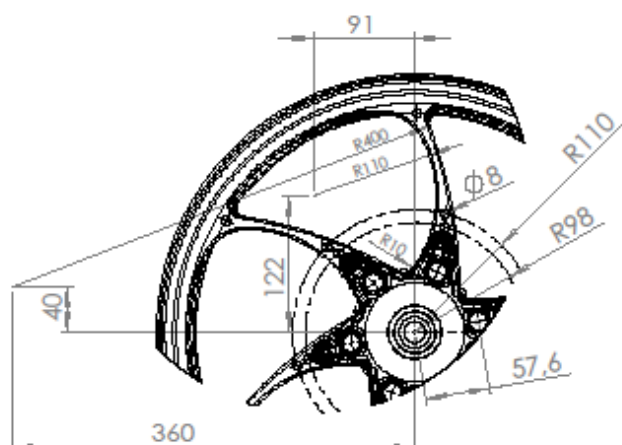


Figura E.12. Tensión del diseño original con carga en torreta superior añadida. Fuente: Propia.

- Tensión máxima en el radio (Figura E.12): 62,5 MPa (Entre 50-75)

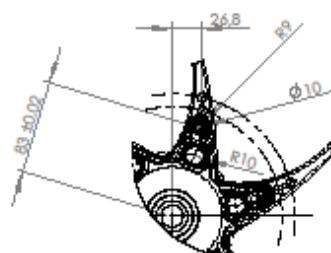
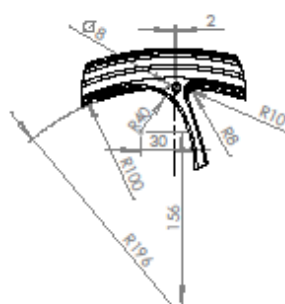
F. Planos del prototipo en pasta máster



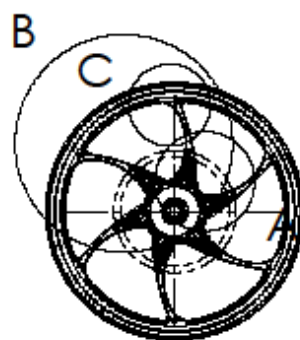


DETALLE B

DETALLE C



DETALLE A

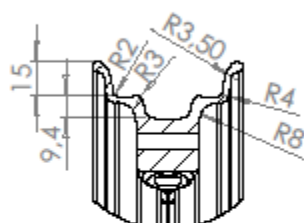


	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
DIBUJ.	Carlos Munoz		09/09/2016	Prototipo llanta a.4 : Cotas específicas	
VERIF.				PARTE II	
APROB.					
FABR.					
CALID.					
				MATERIAL:	
				Pasta Máster	
				PESO:	
				ESCALA:1:5	
				HOJA 1 DE 1	

A4

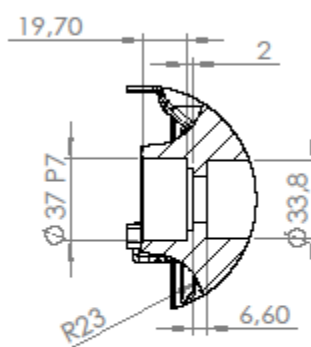
DETALLE E

ESCALA 2 : 5



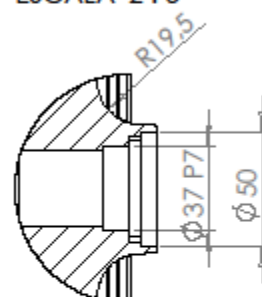
DETALLE B

ESCALA 2 : 5

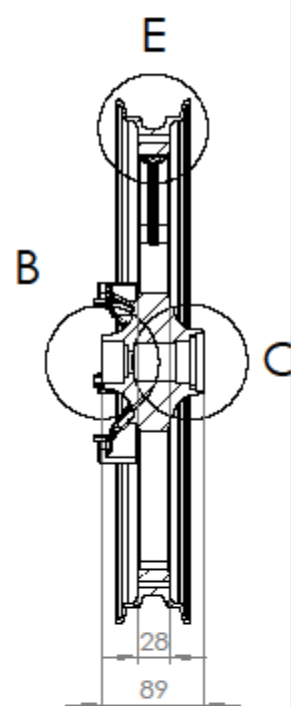
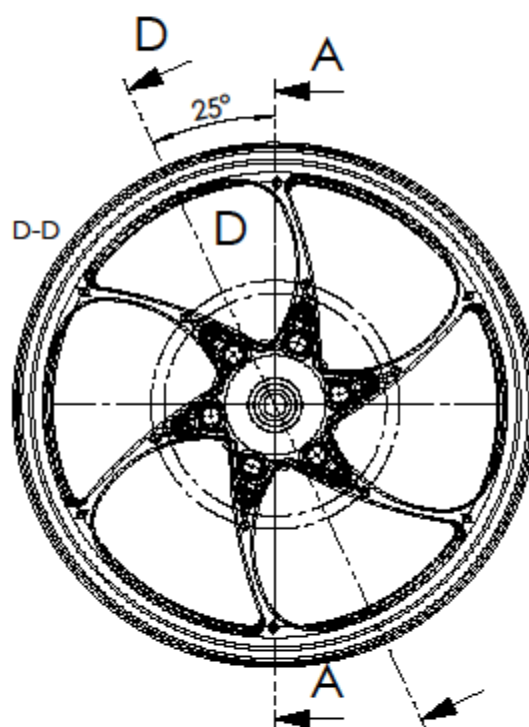
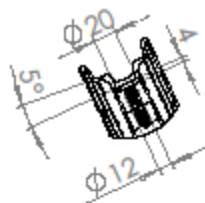


DETALLE C

ESCALA 2 : 5



SECCIÓN D-D



SECCIÓN A-A

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
DIBUJ.	Carlos Muñoz		09/09/2016	Prototipo llanta a.4 : Cotas específicas	
VERIF.				PARTE III	
APROB.					
FABR.					
CALID.					
				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO
				Pasta Máster	A4
				PESO:	ESCALA: 1:5
					HOJA 1 DE 1

Bibliografía

- [1] HAAS CNC
[http://www.haascnc.com/mt_spec1.asp?id=VM-2&webID=MOLD_MACHINE_VMC#gsc.tab=0, 09/09/2016]
- [2] BALUMER S.L.
[<http://balumer.com/>, 09/09/2016]
- [3] FICHA TECNICA PASTA MASTER (Entregada por RAMPF con el presupuesto)